

Étude d'incidence environnementale : Centrale nucléaire de Doel Prolongation de la durée de vie Doel 1 et 2



Table des matières

Abréviations	11
Liste des systèmes	15
1 Partie générale	Chapitre 1: 1
1.1 Introduction	Chapitre 1: 1
1.1.1 Contexte	Chapitre 1: 1
1.1.2 Exposé du problème	Chapitre 1: 1
1.1.3 Objectif et champ d'application	Chapitre 1: 5
1.1.4 Coordonnées du demandeur	Chapitre 1: 11
1.1.5 Coordonnées de l'autorité compétente	Chapitre 1: 12
1.1.6 Organisation du projet	Chapitre 1: 12
1.1.7 Équipe d'experts	Chapitre 1: 13
1.1.7.1 Partie non radiologique	Chapitre 1: 13
1.1.7.2 Partie radiologique	Chapitre 1: 14
1.1.8 Guide de lecture	Chapitre 1: 14
1.2 Autorisations existantes	Chapitre 1: 15
1.2.1 Autorisations fédérales	Chapitre 1: 15
1.2.2 Autorisations régionales	Chapitre 1: 18
1.3 Description générale d'une centrale nucléaire	Chapitre 1: 18
1.3.1 Principe de fonctionnement	Chapitre 1: 18
1.3.2 Partie nucléaire	Chapitre 1: 19
1.3.3 Partie conventionnelle	Chapitre 1: 21
1.4 Description de la centrale nucléaire de Doel	Chapitre 1: 22
1.4.1 Localisation	Chapitre 1: 22
1.4.2 Localisation spatiale	Chapitre 1: 23
1.4.3 Environnement naturel	Chapitre 1: 25
1.4.4 Environnement bâti	Chapitre 1: 26
1.4.5 Parcelles cadastrales	Chapitre 1: 27
1.4.6 Plan d'aménagement du site de la CND	Chapitre 1: 27
1.4.7 CND-1 et CND-2	Chapitre 1: 28
1.4.7.1 Bâtiments des réacteurs (RGB)	Chapitre 1: 28
1.4.7.2 Bâtiment des services de secours des réacteurs (BAR1, BAR2)	Chapitre 1: 29
1.4.7.3 Bâtiment des services de secours nucléaires (GNH)	Chapitre 1: 29
1.4.7.4 Bâtiment des systèmes de secours (GNS)	Chapitre 1: 29
1.4.7.5 Salle des machines (MAZ)	Chapitre 1: 30
1.4.7.6 Bâtiment des services de secours électriques (GEH)	Chapitre 1: 30
1.4.7.7 Bâtiment des services de secours mécaniques (GMH)	Chapitre 1: 31
1.4.7.8 Conduites de prise d'eau et de déversement d'eau	Chapitre 1: 31
1.4.7.9 Bâtiment central A (CGA)	Chapitre 1: 32
1.4.7.10 Bâtiment des diesels de sécurité (DGG)	Chapitre 1: 32
1.4.7.11 Annexes	Chapitre 1: 32
1.4.7.12 Connexion au WAB	Chapitre 1: 32
1.4.7.13 Combustible usé	Chapitre 1: 33
1.4.7.14 Niveaux de protection	Chapitre 1: 33
1.5 Modifications aux installations CND-1 et CND-2	Chapitre 1: 33
1.5.1 Modifications préalables au projet	Chapitre 1: 33
1.5.2 Modifications liées au projet	Chapitre 1: 35
1.6 Le projet	Chapitre 1: 37
1.6.1 Description du projet	Chapitre 1: 37

1.6.2	<i>Alternatives au projet</i>	Chapitre 1: 38
1.6.3	<i>Nouvelles autorisations ou modifications d'autorisations existantes dans le cadre du projet</i>	Chapitre 1: 39
1.7	Description des scénarios	Chapitre 1: 40
1.7.1	<i>Situation de départ</i>	Chapitre 1: 40
1.7.2	<i>Projet (scénario LTO)</i>	Chapitre 1: 41
1.7.2.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 1: 41
1.7.2.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 1: 41
1.7.3	<i>Option zéro</i>	Chapitre 1: 41
Références		Chapitre 1: 42
	<i>Liste des tableaux</i>	Chapitre 1: 43
	<i>Liste des figures</i>	Chapitre 1: 44
2	Aspects non radiologiques	Chapitre 2: 1
2.1	Sol	Chapitre 2: 3
2.1.1	<i>Méthodologie</i>	Chapitre 2: 3
2.1.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 3
2.1.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 3
2.1.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 4
2.1.2	<i>Situation de départ</i>	Chapitre 2: 6
2.1.2.1	Topographie	Chapitre 2: 6
2.1.2.2	Pédologie	Chapitre 2: 7
2.1.2.3	(Hydro)géologie	Chapitre 2: 8
2.1.2.4	Paramètres hydrauliques	Chapitre 2: 9
2.1.2.5	Captages d'eau souterraine	Chapitre 2: 10
2.1.2.6	Qualité du sol et des eaux souterraines	Chapitre 2: 12
2.1.2.7	Mesures prises en vue de préserver la qualité du sol et des eaux souterraines	Chapitre 2: 14
2.1.2.8	Utilisation du sol	Chapitre 2: 15
2.1.3	<i>Évaluation des incidences</i>	Chapitre 2: 15
2.1.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 15
2.1.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 17
2.1.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 19
2.1.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 19
2.1.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 19
2.1.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 19
2.1.4	<i>Suivi</i>	Chapitre 2: 19
2.1.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	Chapitre 2: 20
2.1.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	Chapitre 2: 20
2.1.7	<i>Conclusions</i>	Chapitre 2: 20
2.2	Eau	Chapitre 2: 20
2.2.1	<i>Méthodologie</i>	Chapitre 2: 21
2.2.2	<i>Situation de départ</i>	Chapitre 2: 24
2.2.2.1	Hydrographie	Chapitre 2: 24
2.2.2.2	Qualité des eaux superficielles	Chapitre 2: 26
2.2.2.3	Cartes d'évaluation aquatique : sensibilité aux inondations, à l'infiltration, à l'écoulement souterrain et à l'érosion et localisation dans un lit majeur	Chapitre 2: 43
2.2.2.4	Approvisionnement en eau/bilan hydrologique	Chapitre 2: 43
2.2.2.5	Réseau d'égouts interne	Chapitre 2: 47
2.2.2.6	Description des émissions	Chapitre 2: 49
2.2.3	<i>Évaluation des incidences</i>	Chapitre 2: 77
2.2.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 77
2.2.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 99

2.2.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 99
2.2.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 99
2.2.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 101
2.2.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 101
2.2.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 102</i>
2.2.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 102</i>
2.2.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 103</i>
2.2.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 104</i>
2.3	Nuisances sonores et vibrations	Chapitre 2: 106
2.3.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 106</i>
2.3.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 106
2.3.1.2	Description de la situation de référence	Chapitre 2: 106
2.3.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 107
2.3.2	<i>Situation de départ (= 2013-2014)</i>	<i>Chapitre 2: 109</i>
2.3.2.1	Mesures d'immission (2009-2014)	Chapitre 2: 109
2.3.2.2	Description de l'émission sonore	Chapitre 2: 113
2.3.2.3	Calcul de la transmission acoustique	Chapitre 2: 115
2.3.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 125</i>
2.3.3.1	Phase d'exploitation entre 2015 et 2019	Chapitre 2: 125
2.3.3.2	Description de l'impact sonore des travaux LTO	Chapitre 2: 132
2.3.3.3	Phase d'exploitation dans la situation future (2020-2025)	Chapitre 2: 138
2.3.3.4	Phase d'exploitation lors de la mise à l'arrêt définitif (2025-2029)	Chapitre 2: 138
2.3.3.5	Phase d'exploitation dans l'option zéro	Chapitre 2: 139
2.3.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 144
2.3.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 144</i>
2.3.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 144</i>
2.3.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 144</i>
2.3.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 144</i>
2.4	Air et climat	Chapitre 2: 146
2.4.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 146</i>
2.4.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 146
2.4.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 147
2.4.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 147
2.4.2	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 150</i>
2.4.2.1	Qualité de l'air	Chapitre 2: 150
2.4.2.2	Identification et quantification des émissions captées à la source	Chapitre 2: 159
2.4.2.3	Identification et quantification des émissions non captées à la source	Chapitre 2: 166
2.4.2.4	Émission de panaches de vapeur depuis les tours de refroidissement	Chapitre 2: 166
2.4.2.5	Historique des émissions	Chapitre 2: 167
2.4.2.6	Énergie et climat	Chapitre 2: 167
2.4.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 170</i>
2.4.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2019	Chapitre 2: 170
2.4.3.2	Phase d'exploitation dans la situation future (période 2020-2025)	Chapitre 2: 175
2.4.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 175
2.4.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 176
2.4.3.5	Énergie et climat	Chapitre 2: 178
2.4.3.6	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 180
2.4.3.7	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 180
2.4.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 180</i>
2.4.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 180</i>
2.4.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 180</i>

2.4.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 181</i>
2.5	Biodiversité	Chapitre 2: 181
2.5.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 181</i>
2.5.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 181
2.5.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 182
2.5.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 182
2.5.2	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 185</i>
2.5.2.1	Localisation des zones naturelles	Chapitre 2: 185
2.5.2.2	Description des zones naturelles	Chapitre 2: 191
2.5.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 206</i>
2.5.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 206
2.5.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 231
2.5.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 231
2.5.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 231
2.5.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 238
2.5.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 238
2.5.4	<i>Évaluation préliminaire/évaluation appropriée Natura 2000</i>	<i>Chapitre 2: 238</i>
2.5.4.1	Introduction	Chapitre 2: 238
2.5.4.2	Localisation des zones Natura 2000	Chapitre 2: 239
2.5.4.3	SBZ-H BE2300006 « Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent »	Chapitre 2: 240
2.5.4.4	SBZ-V BE2301336 « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever »	Chapitre 2: 248
2.5.4.5	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 250
2.5.5	<i>Évaluation renforcée de la nature</i>	<i>Chapitre 2: 258</i>
2.5.5.1	Introduction, localisation et description de la zone VEN	Chapitre 2: 258
2.5.5.2	Évaluation des incidences	Chapitre 2: 259
2.5.6	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 261</i>
2.5.7	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 261</i>
2.5.8	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 261</i>
2.5.9	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 261</i>
2.6	Paysage, patrimoine architectural et patrimoine	Chapitre 2: 266
2.6.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 266</i>
2.6.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 266
2.6.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 266
2.6.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 266
2.6.1.4	Genèse paysagère	Chapitre 2: 267
2.6.1.5	Valeurs patrimoniales	Chapitre 2: 269
2.6.1.6	Image du paysage au micro-niveau	Chapitre 2: 271
2.6.2	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 275</i>
2.6.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 275
2.6.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 276
2.6.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 279
2.6.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 280
2.6.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 280
2.6.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 280
2.6.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 280</i>
2.6.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 280</i>
2.6.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 280</i>
2.6.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 281</i>
2.7	Homme – Santé et sécurité	Chapitre 2: 281
2.7.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 281</i>
2.7.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 281
2.7.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 281

2.7.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 282
2.7.2	<i>Description de l'utilisation de l'espace et de la population concernée</i>	<i>Chapitre 2: 285</i>
2.7.3	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 288</i>
2.7.3.1	Nuisances sonores	Chapitre 2: 288
2.7.3.2	Ombre du panache de vapeur	Chapitre 2: 288
2.7.3.3	Risque d'infection par les légionelles	Chapitre 2: 289
2.7.3.4	Aspects psychosomatiques et perception du risque	Chapitre 2: 290
2.7.3.5	Sécurité et accidents non nucléaires	Chapitre 2: 292
2.7.4	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 300</i>
2.7.4.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2019	Chapitre 2: 300
2.7.4.2	Phase d'exploitation dans la situation future (période 2020-2025)	Chapitre 2: 301
2.7.4.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 305
2.7.4.4	Option zéro	Chapitre 2: 306
2.7.4.5	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 307
2.7.5	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 307</i>
2.7.6	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 307</i>
2.7.7	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 308</i>
2.7.8	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 308</i>
2.8	Homme – Mobilité	Chapitre 2: 308
2.8.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 308</i>
2.8.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 308
2.8.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 310
2.8.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 310
2.8.2	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 311</i>
2.8.2.1	Généralités	Chapitre 2: 311
2.8.2.2	Piétons	Chapitre 2: 312
2.8.2.3	Cyclistes	Chapitre 2: 312
2.8.2.4	Transports en commun	Chapitre 2: 317
2.8.2.5	Trafic automobile	Chapitre 2: 317
2.8.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 319</i>
2.8.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 319
2.8.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2010-2025)	Chapitre 2: 320
2.8.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 320
2.8.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 321
2.8.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 321
2.8.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 322
2.8.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 323</i>
2.8.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 323</i>
2.8.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 323</i>
2.8.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 323</i>
2.9	Déchets	Chapitre 2: 324
2.9.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 324</i>
2.9.1.1	Délimitation du domaine d'étude	Chapitre 2: 324
2.9.1.2	Description de la situation de départ	Chapitre 2: 324
2.9.1.3	Description et évaluation des incidences	Chapitre 2: 324
2.9.2	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 324</i>
2.9.2.1	Description générale	Chapitre 2: 324
2.9.2.2	Conditions d'exploitation	Chapitre 2: 325
2.9.2.3	Flux de déchets actuels	Chapitre 2: 326
2.9.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 327</i>
2.9.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 327
2.9.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 328

2.9.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 328
2.9.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 328
2.9.3.5	Incidences cumulatives	Chapitre 2: 329
2.9.3.6	Incidences transfrontalières	Chapitre 2: 329
2.9.4	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 329</i>
2.9.5	<i>Mesures d'atténuation et recommandations</i>	<i>Chapitre 2: 329</i>
2.9.6	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 329</i>
2.9.7	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 329</i>
2.10	Situations accidentelles (non radiologiques)	Chapitre 2: 330
2.10.1	<i>Méthodologie</i>	<i>Chapitre 2: 330</i>
2.10.2	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 2: 332</i>
2.10.3	<i>Évaluation des incidences</i>	<i>Chapitre 2: 334</i>
2.10.3.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 2: 335
2.10.3.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 2: 335
2.10.3.3	Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)	Chapitre 2: 335
2.10.3.4	Option zéro	Chapitre 2: 335
2.10.4	<i>Incidences transfrontalières</i>	<i>Chapitre 2: 336</i>
2.10.5	<i>Suivi</i>	<i>Chapitre 2: 336</i>
2.10.6	<i>Mesures d'atténuation</i>	<i>Chapitre 2: 337</i>
2.10.7	<i>Lacunes de connaissances</i>	<i>Chapitre 2: 337</i>
2.10.8	<i>Conclusions</i>	<i>Chapitre 2: 337</i>
	Références	Chapitre 2: 337
	<i>Liste des tableaux</i>	<i>Chapitre 2: 342</i>
	<i>Liste des figures</i>	<i>Chapitre 2: 346</i>
3	Aspects radiologiques	Chapitre 3: 1
3.1	Scénarios étudiés	Chapitre 3: 1
3.1.1	<i>Situation de départ</i>	<i>Chapitre 3: 2</i>
3.1.2	<i>Projet (scénario LTO)</i>	<i>Chapitre 3: 2</i>
3.1.2.1	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Chapitre 3: 2
3.1.2.2	Phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025)	Chapitre 3: 2
3.1.3	<i>Option zéro</i>	<i>Chapitre 3: 3</i>
3.2	Rayonnement et impact radiologique	Chapitre 3: 3
3.2.1	<i>Termes et définitions</i>	<i>Chapitre 3: 3</i>
3.2.2	<i>Rayonnement et impact radiologique</i>	<i>Chapitre 3: 7</i>
3.2.2.1	Atome	Chapitre 3: 7
3.2.2.2	Énergie de liaison par nucléon	Chapitre 3: 8
3.2.2.3	La fission nucléaire en pratique	Chapitre 3: 9
3.2.2.4	Radioactivité	Chapitre 3: 10
3.2.2.5	Désintégration radioactive	Chapitre 3: 11
3.2.2.6	Rayonnement	Chapitre 3: 11
3.2.2.7	Impact de l'exposition au rayonnement	Chapitre 3: 12
3.2.2.8	Modes d'exposition	Chapitre 3: 13
3.2.2.9	Exposition au rayonnement émanant d'une centrale nucléaire	Chapitre 3: 15
3.2.2.10	Impact radiologique	Chapitre 3: 18
3.2.2.11	Limites	Chapitre 3: 19
3.2.2.12	Surveillance radiologique	Chapitre 3: 20
3.2.2.13	Sécurité nucléaire	Chapitre 3: 22
3.3	Aspects radiologiques environnementaux attendus	Chapitre 3: 23
3.4	Évaluation environnementale	Chapitre 3: 24
3.4.1	<i>Rayonnement direct à la limite du site</i>	<i>Chapitre 3: 24</i>
3.4.1.1	Méthodologie	Chapitre 3: 26
3.4.1.2	Situation de départ	Chapitre 3: 28
3.4.1.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 30
3.4.1.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 34

3.4.1.5	Suivi	Chapitre 3: 35
3.4.1.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 36
3.4.1.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 36
3.4.1.8	Conclusions	Chapitre 3: 36
3.4.2	<i>Exposition des collaborateurs au rayonnement</i>	<i>Chapitre 3: 37</i>
3.4.2.1	Méthodologie	Chapitre 3: 38
3.4.2.2	Situation de départ	Chapitre 3: 39
3.4.2.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 40
3.4.2.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 44
3.4.2.5	Suivi	Chapitre 3: 44
3.4.2.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 44
3.4.2.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 44
3.4.2.8	Conclusions	Chapitre 3: 44
3.4.3	<i>Rejets gazeux radioactifs</i>	<i>Chapitre 3: 44</i>
3.4.3.1	Méthodologie	Chapitre 3: 45
3.4.3.2	Situation de départ	Chapitre 3: 48
3.4.3.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 51
3.4.3.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 57
3.4.3.5	Suivi	Chapitre 3: 59
3.4.3.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 60
3.4.3.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 60
3.4.3.8	Conclusions	Chapitre 3: 60
3.4.4	<i>Rejets liquides radioactifs</i>	<i>Chapitre 3: 61</i>
3.4.4.1	Méthodologie	Chapitre 3: 62
3.4.4.2	Situation de départ	Chapitre 3: 65
3.4.4.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 69
3.4.4.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 76
3.4.4.5	Suivi	Chapitre 3: 77
3.4.4.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 78
3.4.4.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 78
3.4.4.8	Conclusions	Chapitre 3: 78
3.4.5	<i>Déchets radioactifs</i>	<i>Chapitre 3: 79</i>
3.4.5.1	Méthodologie	Chapitre 3: 83
3.4.5.2	Situation de départ	Chapitre 3: 83
3.4.5.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 84
3.4.5.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 87
3.4.5.5	Suivi	Chapitre 3: 87
3.4.5.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 87
3.4.5.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 87
3.4.5.8	Conclusions	Chapitre 3: 88
3.4.6	<i>Éléments combustibles usés</i>	<i>Chapitre 3: 88</i>
3.4.6.1	Méthodologie	Chapitre 3: 89
3.4.6.2	Situation de départ	Chapitre 3: 90
3.4.6.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 90
3.4.6.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 94
3.4.6.5	Suivi	Chapitre 3: 94
3.4.6.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 94
3.4.6.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 94
3.4.6.8	Conclusions	Chapitre 3: 95
3.4.7	<i>Situations accidentelles</i>	<i>Chapitre 3: 95</i>
3.4.7.1	Méthodologie	Chapitre 3: 98
3.4.7.2	Situation de départ	Chapitre 3: 100
3.4.7.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 101
3.4.7.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 105
3.4.7.5	Suivi	Chapitre 3: 106
3.4.7.6	Mesures d'atténuation	Chapitre 3: 106
3.4.7.7	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 107

3.4.7.8	Conclusions	Chapitre 3: 107
3.4.8	<i>Dose efficace engagée totale</i>	<i>Chapitre 3: 107</i>
3.4.8.1	Méthodologie	Chapitre 3: 107
3.4.8.2	Situation de départ	Chapitre 3: 108
3.4.8.3	Évaluation des incidences	Chapitre 3: 109
3.4.8.4	Incidences transfrontalières	Chapitre 3: 113
3.4.8.5	Lacunes de connaissances	Chapitre 3: 114
3.4.8.6	Conclusions	Chapitre 3: 114
	Références	Chapitre 3: 114
	<i>Liste des tableaux</i>	<i>Chapitre 3: 120</i>
	<i>Liste des figures</i>	<i>Chapitre 3: 123</i>
4	Conclusion	Chapitre 4: 1
4.1	Aspects non radiologiques	Chapitre 4: 1
4.1.1	<i>Exploitation normale</i>	<i>Chapitre 4: 2</i>
4.1.1.1	Sol	Chapitre 4: 2
4.1.1.2	Eau	Chapitre 4: 3
4.1.1.3	Nuisances sonores	Chapitre 4: 4
4.1.1.4	Air	Chapitre 4: 5
4.1.1.5	Biodiversité	Chapitre 4: 5
4.1.1.6	Paysage, patrimoine architectural et archéologie	Chapitre 4: 6
4.1.1.7	Homme – Santé	Chapitre 4: 7
4.1.1.8	Homme – Mobilité	Chapitre 4: 7
4.1.1.9	Déchets	Chapitre 4: 7
4.1.2	<i>Situations accidentelles</i>	<i>Chapitre 4: 8</i>
4.1.3	<i>Conclusion générale</i>	<i>Chapitre 4: 8</i>
4.2	Aspects radiologiques	Chapitre 4: 8
4.2.1	<i>Exploitation normale</i>	<i>Chapitre 4: 9</i>
4.2.1.1	Rayonnement direct	Chapitre 4: 9
4.2.1.2	Exposition des collaborateurs au rayonnement	Chapitre 4: 9
4.2.1.3	Rejets gazeux radioactifs	Chapitre 4: 10
4.2.1.4	Rejets liquides radioactifs	Chapitre 4: 10
4.2.1.5	Déchets radioactifs	Chapitre 4: 10
4.2.1.6	Éléments combustibles usés	Chapitre 4: 11
4.2.2	<i>Situations accidentelles</i>	<i>Chapitre 4: 11</i>
4.2.3	<i>Conclusion générale</i>	<i>Chapitre 4: 11</i>
	<i>Liste des tableaux</i>	<i>Chapitre 4: 12</i>
Annexe A	Recueil de cartes	Annexe A: 1
A.1	Liste des cartes	Annexe A: 1
A.2	Les cartes	Annexe A: 3
Annexe B	Rapport des cinq campagnes de suivi (période juin 2011-mars 2012) menées pour évaluer l'impact thermique des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire de Doel sur l'Escaut	Annexe B: 1

Abréviations

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AOX	Composés halogènes organiques adsorbables
RGPRI	Règlement général sur la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants
ASME	American Society of Mechanical Engineers
IBB	Indice biotique belge
ED	Étude descriptive du sol
MTD	Meilleures techniques disponibles
BDBA	Beyond Design-Based Accident (accident au-delà de la base de conception)
BEST	Belgian Stress Tests
BWK	Carte d'évaluation biologique (<i>Biologische Waarderingskaart</i>)
CBO	Consommation biologique d'oxygène
CH ₄	Méthane
CO	Oxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
CCO	Consommation chimique d'oxygène
dB	Décibel
DBA	Design-Based Accident (accident basé sur la conception)
DHM	Modèle numérique d'élévation en Flandre (<i>Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen</i>)
DNA	Acide désoxyribonucléique (DeoxyriboNucleic Acid)
DOV	Base de données du sous-sol de la Flandre (<i>Databank Ondergrond Vlaanderen</i>)
DPC	Dual Purpose Cask
MAD	Mise à l'arrêt définitif
EAAS	Expert agréé en assainissement du sol

EIN	Infrastructures écologiques pour la nature (<i>Ecologische Infrastructuur Natuur</i>)
AFCN	Agence fédérale de Contrôle nucléaire
FHA	Fuel Handling Accident
GEN	Grandes entités naturelles (<i>Grote Eenheden Natuur</i>)
GENO	Grandes entités naturelles en développement (<i>Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling</i>)
GGG	Zone à marée réduite contrôlée (<i>Gecontroleerd Gereduceerd Getijdengebied</i>)
GIS	Système d'information géographique (<i>Geografisch InformatieSysteem</i>)
GNH	Bâtiment des services de secours nucléaires (<i>Gebouw Nucleaire Hulpdiensten</i>)
GNS	Bâtiment des systèmes de secours (<i>Gebouw NoodSystemen</i>)
GRUP	Plan régional d'aménagement du territoire (<i>Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringslan</i>)
SD	Substances dangereuses
GSG	Bâtiment du générateur de vapeur (<i>Gebouw Stoom Generator</i>)
GSL	Bâtiment de déversement secondaire (<i>Gebouw voor Secundaire Lozingen</i>)
GW	Gaseous Waste (déchets gazeux)
ha	Hectare
HCOV	Codage hydrogéologique du sous-sol de la Flandre (<i>Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen</i>)
HEPA	High Efficiency Particulate Arrestance
Hz	Hertz
I/C	Rapports intensité/capacité sur une section de route
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IE	Équivalent-habitant (<i>InwonersEquivalent</i>)
IED	Industrial Emissions Directive
IHD	Objectif de conservation (<i>InstandhoudingsDoelstelling</i>)

INBO	Institut flamand pour l'Étude de la Nature et des Forêts (<i>Instituut voor Natuur- en BosOnderzoek</i>)
IP	
CELINE	Points d'immission (<i>ImmissiePunten</i>)
IVON	Cellule interrégionale de l'Environnement
	Réseau intégré de régénération et de soutien (<i>Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk</i>)
CND	Centrale nucléaire de Doel
CND-1/2/3/4	Centrale nucléaire de Doel (unité 1/2/3/4)
VCD	Valeurs critiques de dépôt
LOCA	Loss Of Coolant Accident (accident avec perte de réfrigérant)
Lsp	Nuisances sonores spécifiques
LTO	Long Term Operation
LwA	Puissance sonore
EIE	Étude d'incidence environnementale
NQE	Norme de qualité environnementale
Ptm	Point de mesure
MSI	Main Safety Issue
MWe	MégaWatt électrique
MWth	MégaWatt thermique
ONDRAF	Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies
NO _x	Oxydes d'azote
EO	Étude d'orientation du sol
ECOD	Étude combinée d'orientation et descriptive du sol
BAI	Bruit ambiant initial
OVAM	Agence publique flamande des déchets (<i>Openbare Vlaamse AfvalstoffenMaatschappij</i>)
OVR	Rapport de sécurité environnementale (<i>OmgevingsVeiligheidsRapport</i>)

HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
EPI	Équipement de protection individuelle
PIO	Indice de Prati pour l'oxygène dissous
PM	Particules fines
PSA	Probabilistic Safety Assessment (étude probabiliste de sûreté)
PSR	Periodic Safety Review
UVP/h	Unités de voitures particulières par heure
PWR	Pressurized Water Reactor
QRA	Quantitative Risk Assessment (évaluation quantitative des risques)
RGB	Bâtiment du réacteur (<i>ReactorGebouw</i>)
RUP	Plan d'aménagement du territoire (<i>Ruimtelijk UitvoeringsPlan</i>)
SBP	Programme de protection des espèces (<i>SoortenBeschermingsPogramma</i>)
SBZ	Zone spéciale de conservation (<i>Speciale BeschermingsZone</i>)
SCG	Bâtiments de conteneurs à combustible (<i>SplijstofContainerGebouw</i>)
SCK•CEN	Studiecentrum voor Kernenergie • Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire
SF ²	Spent Fuel Storage Facility
PGDH	Plan de gestion de district hydrographique
SO ₂	Dioxyde de soufre
SO _x	Oxydes de soufre
SSC	Structures, systèmes et composants
SWA-VR	Rapport de sécurité dans le cadre de l'accord de collaboration (<i>VeiligheidsRapport in het kader van het SamenwerkingsAkkoord</i>)
DNG	Deuxième nivellement général
TLD	Dosimètre thermoluminescent
VT	Valeur de test
ΔT	Hausse de température

US-NRC	United States Nuclear Regulatory Commission
VEN	Réseau écologique flamand (<i>Vlaams Ecologisch Netwerk</i>)
VLAREBO	Règlement flamand relatif à l'assainissement du sol
VLAREM	Règlement flamand relatif à l'autorisation écologique
VMM	Agence flamande de l'environnement (<i>Vlaamse MilieuMaatschappij</i>)
WAB	Traitement des eaux et des déchets (<i>Water- en AfvalBehandeling</i>)
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
OMS	Organisation mondiale de la santé
WHO	World Health Organization

Liste des systèmes de la centrale nucléaire de Doel

AFW	Circuit d'eau d'alimentation auxiliaire
BAR	Bâtiment des services de secours des réacteurs
CGA	Bâtiment central A
EC	Circuit de refroidissement intermédiaire de secours GNS
ED	Réservoirs de carburant et pompes à carburant
EDG	Emergency Diesel Generator
EF	Circuit d'eau d'alimentation de secours GNS
EI	Air comprimé de régulation de secours GNS
FCV	Filtered Containment Vent
FE	Circuit des pompiers
FW	Circuit d'eau d'alimentation
GEH	Bâtiment des services de secours électriques (<i>Gebouw van de Elektrische Hulpdiensten</i>)

GMH	Bâtiment des services de secours mécaniques (<i>Gebouw van de Mechanische Hulpdiensten</i>)
GNH	Bâtiment des services de secours nucléaires (<i>Gebouw van de Nucleaire Hulpdiensten</i>)
GNS	Bâtiment des systèmes de secours (<i>Gebouw van de NoodSystemen</i>)
MAG	Entrepôt (<i>MAGazijn</i>)
MAZ	Salle des machines (<i>MAchineZaal</i>)
MS	Circuit de vapeur principal
NKZ	Salles de contrôle de secours
PL	Circuit du dock de stockage
RGB	Bâtiment du réacteur (<i>Reactor GeBouw</i>)
RJ	Eau d'étanchéité de secours pour les pompes primaires GNS
RW	Circuit d'eau non traitée (<i>Ruwwaterkring</i>)
RWST	Refuelling Water Storage Tanks

1 Section générale

1.1 Introduction

1.1.1 Contexte

Toutes les unités nucléaires de Doel disposent d'une autorisation d'exploitation pour une durée indéterminée. Cependant, la loi du 31 janvier 2003 [SPF, 2003] a limité la durée d'exploitation des unités de production et a fixé les dates d'arrêt de la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire en Belgique. Ces dates correspondent à 40 années civiles de fonctionnement de la centrale nucléaire de Doel 1, Doel 2, Doel 3 et Doel 4 (abrégées respectivement en CND-1 à CND-4). Cela impliquait que CND-1 et CND-2 cesseraient de fonctionner en 2015 (CND-3 en 2022 et CND-4 en 2025).

La loi du 28 juin 2015 [SPF, 2015] modifiant la loi du 31 janvier 2003 (sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité afin de garantir la sécurité d'approvisionnement sur le plan énergétique) a permis à CND-1 de produire à nouveau de l'électricité jusqu'au 15 février 2025 et a repoussé la date de mise hors service de CND-2 au 1^{er} décembre 2025.

La production d'électricité au moyen d'énergie nucléaire par CND-1 et CND-2 au-delà de l'échéance initialement prévue de 2015 (appelée « long time operation » - LTO G1) a été autorisée sur la base de la note stratégique émise par l'AFCN en 2009 [AFCN, 2009] et des investissements correspondants réalisés par Electrabel pour assurer un niveau élevé de sûreté dans la conception et l'exploitation des unités de production. Sur la base de la production d'électricité à plus long terme et, par conséquent, de l'exploitation de CND-1 et CND-2, la production d'électricité par les quatre unités a été autorisée jusqu'au :

- centrale nucléaire Doel 1 (CND-1) : 15 février 2025 ;
- centrale nucléaire Doel 2 (CND-2) : 1^{er} décembre 2025 ;
- centrale nucléaire Doel 3 (CND-3) : 1^{er} octobre 2022 ;
- centrale nucléaire Doel 4 (CND-4) : 1^{er} juillet 2025.

1.1.2 Exposé du problème

La loi du 28 juin 2015 a fait l'objet d'un recours en annulation introduit devant la Cour constitutionnelle, qui a posé plusieurs questions préjudicielles à la Cour de justice de l'Union européenne.

Sur la base des réponses apportées par la Cour de justice dans son arrêt C-441/17 du 29 juillet 2019, la Cour constitutionnelle a rendu son arrêt n° 34/2020 le 5 mars 2020.

Par l'arrêt précité du 5 mars 2020, la Cour constitutionnelle a annulé la loi du 28 juin 2015 « modifiant la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle

d'électricité afin de garantir la sécurité d'approvisionnement sur le plan énergétique ». Dans le même temps, la Cour a maintenu les effets de la loi annulée jusqu'à l'adoption, par le législateur, d'une nouvelle loi précédée de l'étude d'incidence environnementale et de l'évaluation appropriée requises, avec la participation du public et une consultation transfrontalière, et ce jusqu'au 31 décembre 2022 au plus tard.

Afin de mieux cerner la définition du problème sous-jacent, ainsi que l'objectif et la portée de la présente EIE, il semble utile de rappeler les principales considérations de l'arrêt de la Cour constitutionnelle susmentionné :

« (...) B.5.1. Conformément à l'article 4, §1er, de la loi du 31 janvier 2003, tel qu'il a été remplacé par la loi du 18 décembre 2013, la centrale de Doel 1 ne pouvait plus produire de l'électricité à partir du 15 février 2015. Toutefois, l'article 4, §2, de la loi du 31 janvier 2003, tel qu'il a été remplacé par la loi du 18 décembre 2013, prévoit que, dans les autorisations individuelles d'exploitation et de production industrielle d'électricité, seules les dispositions relatives à la permission de production industrielle d'électricité prennent fin à la date de désactivation prévue par l'article 4, §1er, de la même loi, les autres dispositions -dont celles relatives à l'autorisation d'exploitation- restant d'application jusqu'à ce qu'elles soient adaptées.

(...)

B.5.3. Il ressort de la formulation de l'article 4, §1er, de la loi du 31 janvier 2003, tel qu'il a été remplacé par la loi attaquée, que la loi attaquée a modifié la sortie progressive du nucléaire, telle qu'elle est prévue dans l'article 4, §1er, précité, sous deux aspects : d'une part, elle autorise la centrale de Doel 1 à produire "à nouveau" de l'électricité à partir de l'entrée en vigueur de la loi attaquée, soit le 6 juillet 2015, et reporte sa désactivation au 15 février 2025 ; d'autre part, elle reporte de dix ans la date de la désactivation et de la fin de la production industrielle d'électricité de la centrale de Doel 2 au 1^{er} décembre 2025.

(...)

B.18.1 Comme il est dit en B.5, le contexte de la loi du 28 juin 2015 établit à suffisance que, par la loi attaquée, le législateur a décidé de prolonger de dix ans la durée de la production d'électricité à des fins industrielles des centrales de Doel 1 et de Doel 2, pour autant que soient réalisés d'importants travaux dans ces centrales, destinés notamment à les moderniser et à garantir le respect des normes de sécurité dans le cadre du plan "LTO".

Comme il est dit en B.5.4 à B.5.6, ces travaux d'ampleur sont prévus dans la convention "de jouvence" signée entre l'État belge et Electrabel le 30 novembre 2015 et nécessitent des investissements estimés à un montant d'environ 700 millions d'euros (article 3 de la convention). La Cour de justice a constaté à cet égard que ces travaux devraient porter notamment "sur la modernisation des dômes des centrales Doel 1 et Doel 2, le renouvellement des piscines de stockage du combustible usagé, l'installation d'une nouvelle station de pompage et l'adaptation des soubassements afin de mieux protéger ces centrales contre les inondations", impliquant "non seulement des améliorations des structures existantes, mais aussi la réalisation de trois bâtiments, dont deux seraient destinés à héberger les systèmes de ventilation et le troisième une structure anti-incendie", de sorte que "de tels travaux sont de nature à affecter la réalité physique des sites concernés, au sens de la jurisprudence de la Cour" (ibid., point66).

Même si ces travaux ne sont pas mentionnés dans la loi du 28 juin 2015, ils constituent néanmoins, au regard des travaux préparatoires de la loi attaquée, une condition sine qua non de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires (Doc. parl., Chambre, 2014-2015, DOC54-0967/001, pp.7 et 9 ; Doc. parl., Chambre, 2014-2015, DOC54-0967/003, p.10).

L'article 4, §3, de la loi du 31 janvier 2003, tel qu'il a été inséré par la loi du 28 juin 2015, confirme également le lien indissociable entre la signature de cette convention, au plus tard le 30 novembre 2015, et la prolongation de l'activité de production industrielle d'électricité des centrales nucléaires de Doel 1 et de Doel 2, puisque cette disposition prévoyait qu'à défaut de conclusion de cette convention, le Roi avancerait au 31 mars 2016 la date de désactivation de ces centrales.

B.18.2. Comme la Cour de justice le constate dans les points 63 à 71 de son arrêt Inter-Environnement Wallonie ASBL précité, de tels travaux de modernisation, impliquant des investissements estimés à 700 millions d'euros, sont indissociablement liés à l'adoption de la décision de prolongation de dix ans de la durée de la production industrielle d'électricité des centrales de Doel 1 et Doel 2, de sorte que la loi attaquée et les travaux prévus dans la convention "de jouvence" signée entre l'État belge et Electrabel le 30 novembre 2015 constituent, ensemble, un même "projet" au sens de l'article 1^{er}, paragraphe 2, a), premier tiret, de la directive 2011/92/UE. La Cour n'aperçoit aucun élément de fait susceptible de remettre en cause ce constat.

La Cour de justice considère par ailleurs que ces mesures et ces travaux sont "d'une ampleur comparable, en termes de risques d'incidences environnementales, à celle de la mise en service initiale des dites centrales" et "relèvent du point 24 de l'annexe I de la directive EIE", de sorte qu'"un tel projet présente, par nature, un risque d'incidences notables sur l'environnement, au sens de l'article 2, paragraphe 1, de cette directive, et doit impérativement être soumis à l'évaluation de ses incidences environnementales en vertu de l'article 4, paragraphe 1, de ladite directive" (CJUE, grande chambre, 29 juillet 2019, C-411/17, Inter-Environnement Wallonie ASBL, points 79-80).

B.18.3. Il en résulte que la loi du 28 juin 2015 devait faire l'objet d'une étude d'incidences environnementales, avec consultation du public, et, dès lors qu'elle était susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement d'un autre État membre, elle devait également être soumise à une procédure d'évaluation transfrontalière conforme à l'article 7 de la directive EIE (ibid., points 81 et 93).

(...)

B.19.4. Par la loi du 28 juin 2015, le législateur fédéral a dès lors pris une décision-cadre posant le principe d'une prolongation de dix ans de la durée de la production industrielle d'électricité par les centrales nucléaires de Doel 1 et de Doel 2, dont la mise en œuvre et les conséquences en matière de travaux de modernisation et de sécurisation étaient identifiées au moment de l'adoption de la loi attaquée. Dans ce contexte, la loi du 28 juin 2015 constituait la première étape du processus d'autorisation du projet, en cause, de prolongation de la durée de la production industrielle d'électricité par les centrales nucléaires de Doel 1 et de Doel 2, dont les effets étaient identifiés et évalués au moment de l'adoption de la loi attaquée, qui devait donc être précédée des études d'incidences environnementales exigées par la directive 2011/92/UE.

Pour le surplus, comme la Cour de justice le souligne, “la circonstance que la mise en œuvre de ce projet nécessite la délivrance, pour l’une des deux centrales concernées, d’une nouvelle autorisation individuelle de production d’électricité à des fins industrielles, [...] ne saurait justifier qu’une évaluation de ses incidences environnementales ne soit réalisée qu’après l’adoption de cette loi” (CJUE, grande chambre, 29 juillet 2019, C-411/17, Inter-Environnement Wallonie ASBL, point 89).

B.19.5. Dès lors que la loi du 28 juin 2015 devait être considérée comme la décision de principe valant “autorisation”, au sens de l’article 1^{er}, paragraphe 2, c), de la directive EIE, d’un “projet” au sens de l’article 1^{er}, paragraphe 2, a), premier tiret, de la directive 2011/92/UE, combiné avec les annexes I et II de la même directive, la loi attaquée devait être précédée, avant son adoption, d’une évaluation de ses incidences environnementales et d’une consultation du public portant sur le principe de la prolongation de dix ans de durée de la production industrielle d’électricité par les centrales nucléaires de Doel 1 et de Doel 2, ainsi que sur les conséquences de cette prolongation en matière de travaux de modernisation et de sécurisation... ». (...) »

En substance, on peut déduire ou conclure ce qui suit de l’arrêt susmentionné :

- 1 Les autorisations d’exploitation individuelles continuent à s’appliquer dans leur intégralité. Dans les autorisations individuelles concernées, seules les dispositions relatives à l’autorisation de production industrielle d’électricité peuvent avoir expiré à la date de désactivation visée à l’article 4, § 1^{er} de la loi du 31 janvier 2003, telle que remplacée par la loi du 18 décembre 2013.
- 2 La loi du 28 juin 2015 a modifié la loi du 31 janvier 2003 précitée de deux manières :
 - d’une part, elle a permis à l’unité CND-1 de produire « à nouveau » de l’électricité à compter de l’entrée en vigueur de la loi attaquée, à savoir le 6 juillet 2015, et a reporté sa désactivation au 15 février 2025 ;
 - en revanche, elle a reporté de dix ans, au 1^{er} décembre 2025, la date de désactivation et la fin de la production industrielle d’électricité de l’unité CND-2.La loi du 28 juin 2015 a suffisamment démontré que, en adoptant la loi attaquée, le législateur a décidé de prolonger de dix ans la durée de la production industrielle d’électricité des unités CND-1 et CND-2, sous réserve de la réalisation de travaux substantiels sur ces unités, notamment en vue de leur modernisation et du respect des normes de sécurité prévues par le plan « LTO ». Même si ces travaux eux-mêmes n’étaient pas spécifiquement mentionnés dans la loi du 28 juin 2015, ils constituaient une *condition sine qua non* de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires concernées.
- 3 Dès lors que ces travaux de modernisation sont indissociablement liés à l’adoption de la décision de prolonger, pour dix ans, la durée de la production industrielle des unités CND-1 et CND-2, la loi attaquée et les travaux constituent ensemble un seul et même « projet » au sens de l’article 1^{er}, paragraphe 2, sous a), premier tiret, de la directive 2011/92/UE.
- 4 Les mesures prises par le législateur et les travaux qui y sont associés sont considérés comme étant à la hauteur des risques qui existaient lors de la mise en service initiale de ces centrales.

- 5 La loi du 28 juin 2015 a ainsi constitué la première étape de la procédure d'autorisation du projet en cause, qui concernait la prolongation de la durée de production d'électricité industrielle par les unités CND-1 et CND-2, dont les effets avaient été déterminés et évalués au moment de l'adoption de la loi en cause. Cette loi aurait donc dû être précédée de l'évaluation des incidences sur l'environnement requise par la directive 2011/92/UE.

Le fait que la mise en œuvre concrète de ce projet pour CND-1 et CND-2 nécessite la délivrance d'une nouvelle autorisation individuelle de production d'électricité industrielle ne change rien à cette réalité.

La loi du 28 juin 2015 devait être considérée comme la décision de principe valant « autorisation » au sens de l'article 1^{er}, paragraphe 2, point c), de la directive EIE, d'un « projet » au sens de l'article 1^{er}, paragraphe 2, point a), premier tiret, de la directive 2011/92/UE.

- 6 La loi du 28 juin 2015, avant son adoption, devait être précédée d'une étude d'incidence environnementale et d'une consultation publique sur le principe de la prolongation de dix ans de la durée de production d'électricité industrielle par les unités CND-1 et CND-2, et sur les conséquences de cette prolongation sur les travaux de modernisation et de sécurisation.

1.1.3 Objectif et champ d'application

Compte tenu des conclusions susmentionnées que l'on peut tirer de l'arrêt de la Cour constitutionnelle et compte tenu de la poursuite dans le temps des effets de la loi annulée, il a été décidé d'élaborer une EIE pour :

- la loi à adopter par le législateur sur la production prolongée d'électricité ; et
- les activités connexes, qui doivent être considérées comme un seul et même « projet ».

Pour des raisons pratiques, il a été décidé d'élaborer deux EIE distinctes, qui devront toutefois être évaluées ensemble. La première est une évaluation d'incidence environnementale au niveau stratégique, qui sera préparée par le SCK•CEN.

Étant donné que la loi annulée et les travaux connexes doivent être considérés comme un seul et même « projet », il a été décidé d'établir la présente EIE, en plus d'une EIE stratégique, pour la loi et les travaux connexes.

L'EIE précédant la loi à adopter est élaborée à l'initiative de l'État belge.

L'objectif de cette EIE est d'évaluer les incidences environnementales (transfrontalières) des travaux spécifiques à réaliser à la suite de la loi sur la prolongation de la production d'électricité qui sera adoptée par le législateur. À cette fin, le présent document est soumis à la procédure d'évaluation des incidences environnementales avec examen transfrontalier.

Dans le contexte du présent projet, la présente EIE a été préparée dans le cadre des travaux sur les unités CND-1 et CND-2 en vue de la prolongation de la production d'électricité pour la période 2015-2025.

Compte tenu de ce qui a été dit au point 1.1.2, la présente EIE vise à régulariser la situation née à la suite de l'arrêt de la Cour constitutionnelle du 5 mars 2020.

Par conséquent, la date de référence était le moment du vote de la loi (désormais annulée) (28 juin 2015) pris en compte pour réaliser l'étude. La présente EIE a analysé la différence entre la situation de départ (avant 2015) et la situation attendue (c'est-à-dire les travaux à réaliser dans le cadre de la prolongation de dix ans de la durée de vie des centrales CND-1 et CND-2). Les données utilisées comprennent à la fois des données existantes jusqu'en 2018 inclus, ainsi que des prévisions.

Objectif

L'objectif de cette EIE consiste à déterminer les impacts de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 (= le « projet »). En raison de l'arrêt de l'exploitation, les incidences environnementales dues à l'exploitation seront réduites. Afin de déterminer les conséquences du projet de manière univoque, sans l'effet de l'arrêt de l'exploitation des unités CND-3 et CND-4, la présente EIE suppose que les incidences environnementales dues aux deux unités CND-3 et CND-4 après l'arrêt de la production d'électricité resteront les mêmes que celles de la période précédant l'arrêt. Il s'agit d'une hypothèse prudente : une période plus longue d'incidences environnementales résultant de l'exploitation est prise en compte que ce qui sera réellement le cas.

Champ d'application

Le champ d'application de la présente EIE concerne la poursuite de l'exploitation de CND-1 et CND-2 au cours de la période 2015-2025. Au sein de la période d'étude, une distinction est faite entre la phase d'exploitation du projet (période 2015-2018) et la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025). Dans la première période, des travaux sont réalisés dans le cadre du projet. Pour la description des travaux, cf. paragraphes 1.5.2 et 1.6.1. Au cours de la période suivante, CND-1 et CND-2 continueront d'être exploitées. L'ensemble des travaux et l'exploitation des unités sont inclus dans le champ d'application.

La MAD de CND-3 et CND-4, ainsi que le démantèlement de CND-1, CND-2, CND-3 et CND-4 n'entrent pas dans le champ d'application de la présente EIE. Le démantèlement est soumis à une procédure d'autorisation spécifique, qui comprend une évaluation des incidences environnementales. La Figure 1-1 présente les phases de manière schématique.

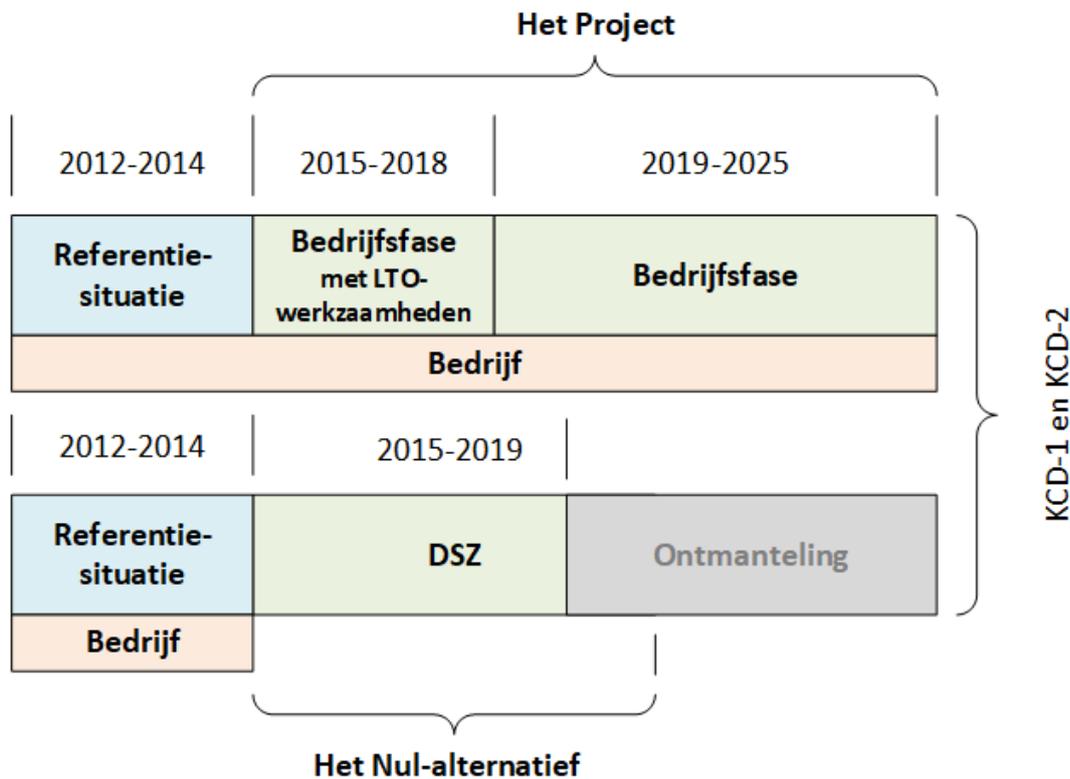


Figure 1-1 Phases du projet

Projets parallèles

Des changements majeurs auront lieu au cours de la période étudiée (2015-2025). Le projet SF², qui vise à augmenter la capacité de stockage de combustible usé sur le site de Doel, sera mis en œuvre au cours de cette période. Ce projet n'était pas prévu en 2015. Le projet SF² n'est pas nécessaire pour l'exploitation de CND-1 et CND-2 jusqu'en 2025 : les éléments combustibles de CND-1 et CND-2 restent dans le bâtiment de stockage à sec existant et les éléments combustibles de CND-3 et CND-4 vont au SF². Ces changements ne font pas partie du projet, mais peuvent avoir une incidence cumulative avec le projet. Les incidences du projet et du projet SF² combinés seront décrites en termes généraux, le cas échéant.

La mise à l'arrêt définitif de CND-3 et CND-4 aura lieu en 2022 et 2025 respectivement, à moins que le projet LTO G2 se poursuive. Les travaux menés dans le cadre de la LTO G2 devraient permettre de prolonger la durée de vie de la CND-4.

Arrêt de la production d'électricité

À titre d'exemple, la Figure 1-2 montre le cycle de vie d'une centrale nucléaire, y compris la prolongation de la durée de vie (*Long Term Operation – LTO*) (appelée le « projet » dans la présente EIE), la mise à l'arrêt définitif (MAD) et le démantèlement de la centrale nucléaire. Les phases d'une centrale nucléaire en cas d'arrêt de la production d'électricité sont ensuite brièvement abordées. En d'autres termes, l'arrêt

de l'exploitation de l'unité. La figure et la description sont largement tirées de la déclaration environnementale de 2019 [Electrabel, 2019].

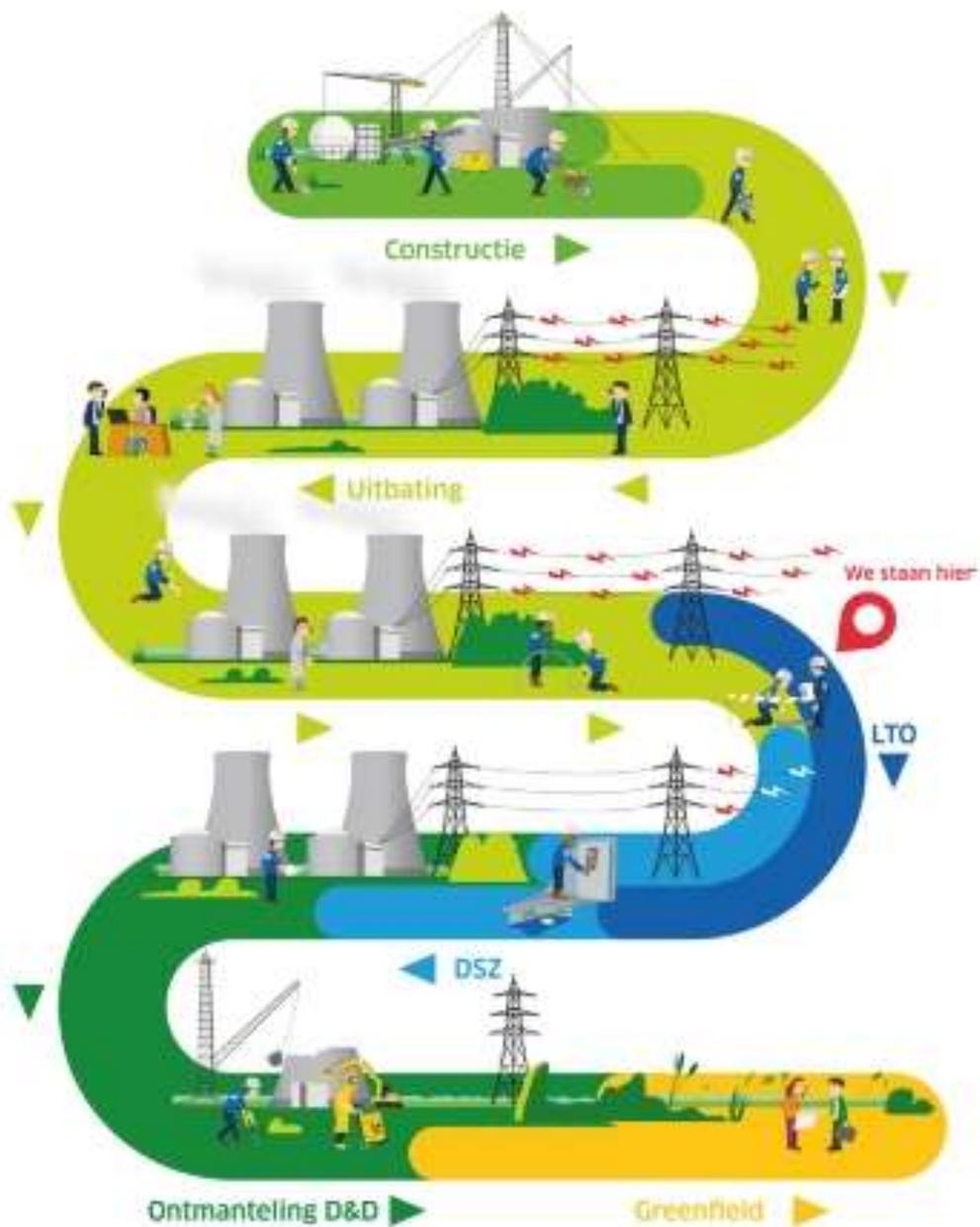


Figure 1-2 Cycle de vie d'une centrale nucléaire

Mise à l'arrêt définitif (MAD)

La production d'électricité est arrêtée à un moment donné dans chaque centrale nucléaire. Cette procédure commence par l'arrêt définitif du réacteur, le rinçage et le nettoyage et/ou la décontamination de l'installation et la vidange des circuits de fluides, etc. Cette phase se termine par l'enlèvement des derniers éléments combustibles irradiés et de la plus grande partie possible des matières radioactives

présentes. Pendant la phase de mise à l'arrêt définitif (qui tombe toujours dans la phase d'exploitation, couverte par l'autorisation d'exploitation du réacteur), l'installation existante est préparée pour le démantèlement. Le permis d'environnement pourrait toutefois devoir être modifié dans le cadre de la mise à l'arrêt.

Pendant la phase de mise à l'arrêt définitif, rien n'est fondamentalement démantelé dans les installations nucléaires. L'objectif est d'éliminer les plus grandes sources de radioactivité dans la mesure du possible afin que le démantèlement puisse se dérouler en toute sécurité et à la dose la plus faible possible (cf. Figure 1-3).

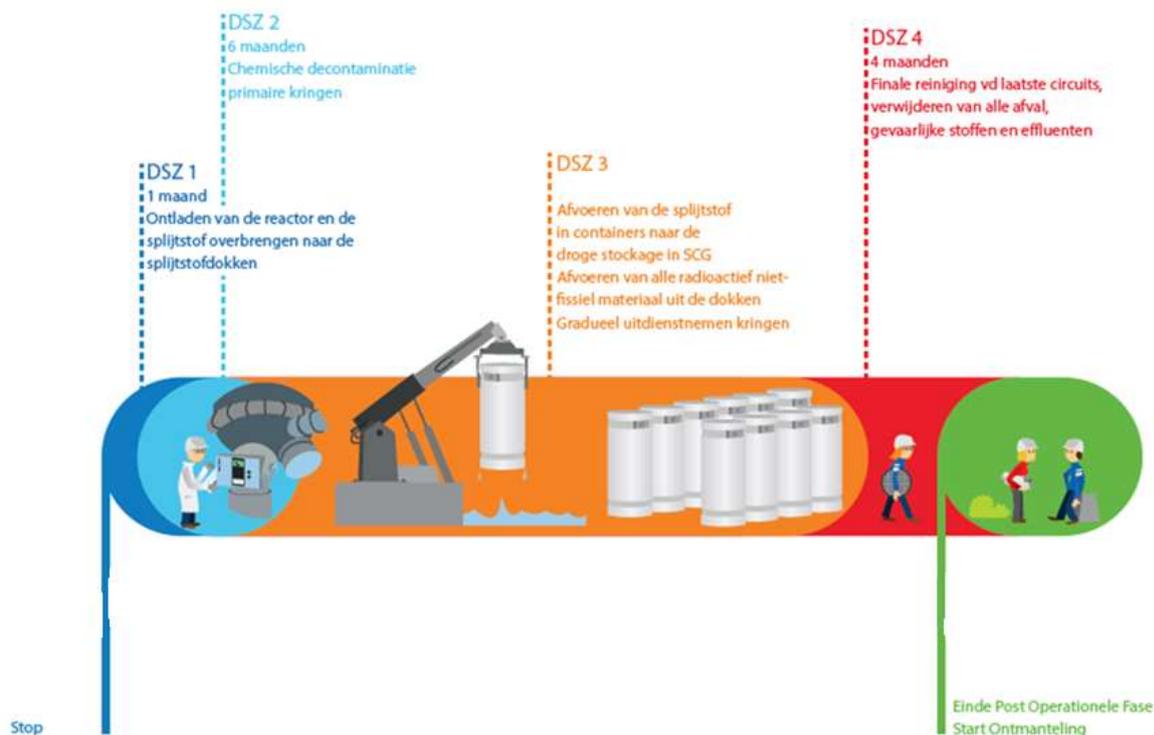


Figure 1-3 Représentation schématique des 4 phases de la mise à l'arrêt définitif

Les phases de mise à l'arrêt définitif prennent entre 3 et 5 ans, selon l'unité. Même dans cette phase, il reste nécessaire de surveiller différents systèmes et paramètres : refroidissement du combustible dans le bassin de combustible, ventilation des bâtiments, mesures de radioactivité, systèmes de protection contre l'incendie, etc. Le travail posté reste donc encore nécessaire dans cette phase [Electrabel, 2019]. La MAD est incluse dans l'autorisation d'exploitation nucléaire des unités. Pour CND-1 et CND-2, une période d'un peu moins de 5 ans est envisagée. La période MAD peut être subdivisée en quatre phases. Les phases sont liées à un regroupement d'activités définies. La fin d'une phase est liée à un état (opérationnel/technique) spécifique de l'unité.

La phase 1 commence par l'arrêt du réacteur et sa déconnexion du réseau électrique. Le réacteur est déchargé et les éléments combustibles, les barres de commande et les autres composants non fissiles à fort rayonnement sont transférés dans le bassin de combustible. La phase se termine lorsque le réacteur est complètement déchargé.

La phase 2 comprend la décontamination chimique des circuits primaires. Les autres circuits de la zone contrôlée (sauf autour du bassin de combustible) sont vidés et nettoyés.

La décontamination chimique est effectuée selon une méthodologie conforme aux bonnes pratiques et expériences internationales. Lors de la décontamination chimique, l'intérieur des principaux composants des systèmes en question est nettoyé au moyen de produits chimiques, ce qui permet d'éliminer totalement ou partiellement la couche présentant la plus grande activité (produits activés et/ou de fission précipités). Les produits chimiques utilisés et la couche partiellement ou totalement enlevée sont collectés, traités et la partie résiduelle est éliminée comme déchet radioactif.

La phase 3 se termine lorsque les éléments combustibles sont retirés du bassin de combustible. Après que la chaleur subséquente a été suffisamment dissipée, les éléments sont chargés dans des conteneurs et transportés vers le bâtiment de stockage du combustible (SCG). Au cours de cette phase également, les composants non fissiles à haut rayonnement présents dans le bassin de combustible sont éliminés comme déchets radioactifs de manière appropriée. Les circuits restants sont progressivement mis hors service.

La phase 4 consiste à vider et à nettoyer le bassin de combustible et les circuits environnants. Après l'achèvement de la phase MAD-4, la centrale est prête pour le démantèlement [Electrabel, 2020].

La MAD devra être réalisée avec ou sans réalisation du projet. La seule différence est le calendrier de la MAD. Avec la réalisation du projet, elle surviendra environ 10 ans plus tard que sans la réalisation du projet. Les incidences de la MAD seront les mêmes dans les deux situations. Le fait que la production soit plus longue de 10 ans n'affecte pas de manière significative les incidences de la MAD en soi.

Démantèlement

Lors du démantèlement, qui peut se dérouler en plusieurs phases, l'installation est démontée. Les équipements, les structures et les composants sont retirés et/ou décontaminés en vue d'être libérés, réutilisés, recyclés ou traités comme des déchets radioactifs.

Cette phase fait partie intégrante du cycle de vie de la centrale nucléaire. Il incombe, en effet, à l'exploitant de démanteler la centrale après la mise à l'arrêt définitif et de rétablir l'environnement initial. En pratique, cela signifie que les installations doivent céder la place à une parcelle verte (également appelé « *greenfield* ») ou à d'autres applications industrielles.

Après la construction de la centrale, son démantèlement est l'un des plus grands projets que l'entreprise réalisera. Tant que la radioactivité, provenant de l'activité industrielle de production d'électricité, est présente dans les installations, on est obligé de respecter toutes les méthodes, tous les procédés et toutes les réglementations nucléaires. Cela signifie que chaque activité de démolition nécessitera diverses compétences dans les différents domaines. Cela restera le cas jusqu'à ce que la radioactivité provenant des activités industrielles ait été éliminée. La phase de démantèlement dure environ 10 à 15 ans [Electrabel, 2019].

Le démantèlement nécessite une autorisation spécifique de l'AFCN (Agence fédérale de contrôle nucléaire). Cette autorisation ne sera accordée que lorsque l'ONDRAF (Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies) aura approuvé le « plan de démantèlement final ». Les incidences environnementales du démantèlement sont donc examinées dans la demande d'autorisation de

démantèlement spécifique. Les incidences environnementales du démantèlement n'entrent ainsi pas dans le champ d'application de la présente EIE.

Greenfield

En tant qu'entreprise responsable, l'objectif final est de restaurer les sites dans leur état d'origine. Cela signifie qu'en principe, le terrain doit être rendu à l'*herbe verte*. Il appartient ensuite aux autorités de décider si ces sites peuvent être réutilisés pour une activité industrielle ou non. La restauration à son état d'origine sera effectuée après le démantèlement de toutes les installations nucléaires du site de Doel.

1.1.4 Coordonnées du demandeur

Nom :	Electrabel S.A.
Adresse :	Boulevard Simon Bolivar 34 1000 Bruxelles
Conducteur :	Philippe van Troeye, Administrateur délégué
Téléphone :	+32 2 518 61 11
Fax :	+32 2 518 64 00
Numéro de TVA :	BE 0403.170.701 (Electrabel)

Electrabel est l'exploitant et le propriétaire de CND-1 et CND-2. Electrabel fait partie d'ENGIE, un leader mondial de l'énergie et de l'environnement. Electrabel est le leader du marché en Belgique et le plus grand producteur d'électricité verte. Sur ce marché, l'entreprise produit de l'électricité et vend de l'électricité, du gaz naturel et des services énergétiques. L'entreprise offre à ses 3,1 millions de clients résidentiels, professionnels et industriels des solutions énergétiques et un service personnalisé. Electrabel a diversifié son parc de production en Belgique à 9 900 MW (part de l'entreprise), composé d'installations de production renouvelable, fossile et nucléaire. Les émissions de gaz à effet de serre des installations de production sont parmi les plus faibles d'Europe. ENGIE confirme son choix stratégique d'un mix énergétique diversifié, équilibré et faible en carbone. Il s'agit principalement de gaz naturel, d'énergie nucléaire et d'énergie renouvelable, ce qui garantit de faibles émissions de CO₂ pour la production. L'énergie nucléaire joue un rôle important dans cette stratégie. L'énergie nucléaire représente environ 8 % de la production d'électricité du groupe dans le monde. Outre les sept réacteurs exploités en Belgique (Doel et Tihange), le groupe détient une participation dans deux réacteurs en France (1 208 MW) et une capacité (droits de tirage nucléaire) en Allemagne (700 MW). En 2015, la centrale nucléaire de Doel a fourni quelque 29,9 % de la production totale d'électricité d'Electrabel en Belgique [Electrabel, 2016].

1.1.5 Coordonnées de l'autorité compétente

Nom :	Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN)
Adresse :	Rue Ravenstein 36 1000 Bruxelles
Téléphone :	+32 2 289 21 11
Fax :	+32 2 289 21 12

Le gouvernement, en l'occurrence le Roi, est compétent pour accorder, compléter ou modifier une autorisation à quiconque souhaite démarrer une activité ou une installation nucléaire. L'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) est l'autorité de surveillance de l'exploitation de l'installation autorisée et, sur la base de l'article 13 du RGPRI [RGPRI], peut proposer de nouvelles conditions pour une autorisation. L'AFCN contrôle également régulièrement si les conditions d'octroi de l'autorisation sont respectées.

L'AFCN gère également un système qui lui permet de surveiller le rayonnement sur le territoire belge. Le réseau TELERAD mesure en permanence la radioactivité dans l'air et dans l'eau. En outre, l'AFCN prélève en permanence des échantillons dans les principaux maillons de la chaîne alimentaire et dans l'environnement : le sol, les particules d'air, le lait, l'eau potable, la viande, les légumes¹.

Ce qui précède s'inscrit dans la mission de l'AFCN qui consiste à protéger la santé de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants. Certaines installations (centrales nucléaires, hôpitaux...) et activités (transport de matières nucléaires, stockage de déchets radioactifs...) nécessitent l'utilisation de rayonnements ionisants.

1.1.6 Organisation du projet

Electrabel (société mère : ENGIE) a chargé Arcadis et NRG d'établir la présente EIE. Electrabel a chargé Tractebel de la coordination entre les parties concernées. La Figure 1-4 montre une représentation schématique de l'organisation du projet.

¹ <https://fanc.fgov.be/nl/>

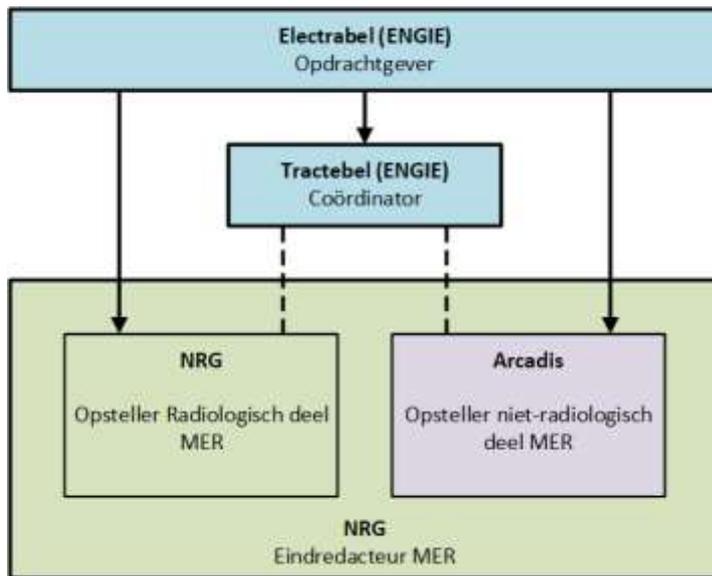


Figure 1-4 Organisation du projet

Arcadis est l'auteur des parties de la présente EIE qui traitent des aspects non radiologiques (chapitre 2 et conclusions au paragraphe 4.1), et est donc responsable de l'exactitude factuelle du contenu qu'il fournit. Sur la base des informations fournies, Arcadis a effectué des calculs pour déterminer les incidences du projet et de l'option zéro.

NRG est l'auteur des sections de la présente EIE traitant des aspects radiologiques (chapitre 3), ainsi que de la section générale (chapitre 1) et des conclusions au paragraphe 4.2. NRG est donc responsable de l'exactitude factuelle du contenu fourni par ces derniers. NRG n'a pas effectué elle-même de modélisation ou de calcul, par exemple pour déterminer les incidences en cas d'accident. Ces calculs ont été effectués par Tractebel dans le cadre du rapport de sécurité de CND-1 et CND-2. Ce rapport de sécurité a été établi par Electrabel et Tractebel et approuvé par BEL-V, la filiale technique de l'AFCN. Afin de garantir la qualité de la présente EIE, NRG a adopté une attitude critique et interrogative vis-à-vis d'Electrabel en ce qui concerne la méthode de calcul utilisée, la collecte des données, etc. et les résultats des calculs ont été évalués sur la base de l'expérience et du jugement d'ingénierie. En tant que rédacteur final de l'ensemble de l'EIE, NRG a directement adopté les informations fournies par Arcadis et les a intégrées dans l'EIE, à l'exception de modifications liées à la mise en page afin d'harmoniser les sections d'Arcadis et de NRG.

1.1.7 Équipe d'experts

1.1.7.1 Partie non radiologique

L'équipe d'experts externes chargée de rédiger l'EIE (partie non radiologique) est présentée au Tableau 1-11 Coordinateurs et experts en aspects environnementaux non radiologique.

Tableau 1-11 Coordinateurs et experts en aspects environnementaux non radiologiques

Discipline	Nom	Numéro d'agrément
Coordinateur Sol Paysage, patrimoine architectural et archéologie	Hanne Carlens (Arcadis)	Expert EIE agréé Sol – Pédologie ; Paysage, patrimoine architectural et archéologie – Paysage ; Homme - Aspects spatiaux et coordinateur EIE agréé. EDA-817, Agrément pour une durée indéterminée
Eau	Dirk Libbrecht (Arcadis)	Expert EIE agréé Eau - Géohydrologie, eaux superficielles et eaux usées, eaux marines EDA-277, Agrément pour une durée indéterminée
Nuisances sonores et vibrations	Ann Himpen (Arcadis)	Expert EIE agréé Nuisances sonores et vibrations EDA-782, Agrément pour une durée indéterminée
Biodiversité	Wouter Rommens (Arcadis)	Expert EIE agréé Biodiversité EDA-593, Agrément pour une durée indéterminée
Homme – Santé Coordination	An Tombeur (Arcadis)	Expert EIE agréé Homme – Santé 2016/00001, Agrément pour une durée indéterminée
Air Climat	Frank Van Daele (Arcadis)	Expert EIE agréé Air – Pollution atmosphérique EDA-481, Agrément pour une durée indéterminée
Homme – Mobilité	Adel Lannau (Arcadis)	Expert EIE agréé Homme – Mobilité EDA-611, Agrément pour une durée indéterminée

Entreprise : Arcadis Belgium S.A.
 Responsable du projet : H. Carlens
 Adresse : Borsbeeksebrug 22 (Poste X)
 Antwerpen-Berchem, Belgique
 Téléphone : +32 (2) 505 75 00

1.1.7.2 Partie radiologique

Conformément à l'article 6.1. bis du RGPRI, l'étude de l'impact radiologique sur l'environnement a été réalisée à l'initiative du demandeur par NRG, après approbation par l'Agence (AFCN) sur la base d'un dossier d'agrément dont le contenu est également fixé à l'article 6.2 du RGPRI.

Sur la base d'un dossier d'agrément portant la référence 24543/19.154718 rev.1 C&S/CR soumis par NRG (1^{er} octobre 2019), l'AFCN a approuvé NRG comme auteur de la partie radiologique de l'étude et du rapport d'incidence environnementale [AFCN, 2019].

Entreprise : Nuclear Research & consultancy Group (NRG)
 Responsable du projet : C. Rooker
 Adresse : Westerduinweg 3
 1755 LE Petten, Pays-Bas
 Téléphone : +31 (0)224 56 4356

1.1.8 Guide de lecture

La présente EIE est structurée en quatre chapitres. Le chapitre 1 est une section générale. Il présente le contexte et la raison d'être de l'EIE, ainsi qu'une explication de l'organisation du projet, du

fonctionnement d'une centrale nucléaire en général, et décrit la centrale nucléaire de Doel, et plus particulièrement les unités 1 et 2. En outre, ce chapitre décrit le projet et les scénarios étudiés.

Les incidences du projet sont décrites dans deux chapitres distincts. Le chapitre 2 traite des aspects non radiologiques, le chapitre 3 des aspects radiologiques. Les deux chapitres donnent d'abord un aperçu des principaux aspects environnementaux concernés par le projet. Viennent ensuite la description de la méthodologie utilisée et l'évaluation environnementale. Dans l'évaluation environnementale du chapitre 2 (non radiologique), les effets sur le sol, l'eau, la biodiversité, le climat et la santé humaine sont examinés. Le chapitre 3 sur les aspects radiologiques traite du rayonnement direct, des rejets et des situations accidentelles². Les deux chapitres se terminent par une conclusion et une liste de références.

Le chapitre 4 tire les conclusions générales des aspects environnementaux non radiologiques et des aspects environnementaux radiologiques.

1.2 Autorisations existantes

Le statut des autorisations de la CND est complexe. Les réacteurs CND-1 et CND-2 (en tant que réacteur jumelé), CND-3 et CND-4 sont, en tant qu'établissements nucléaires de classe I, soumis au système d'autorisation de l'article 6 du RGPRI [RGPRI]. Pour ses effets non radiologiques sur l'environnement, la CND est soumise à la législation régionale, tandis que pour ses effets radiologiques sur l'environnement, elle est soumise à la législation fédérale.

1.2.1 Autorisations fédérales

Les unités CND-1 et CND-2 ont été autorisées par l'État fédéral par des arrêtés royaux pour la construction et l'exploitation des unités de la centrale nucléaire et pour les modifications ultérieures, cf. Tableau 1-2 et Tableau 1-3.

² L'impact des accidents non radiologiques est examiné au chapitre 2.

Tableau 1-2 Autorisation de base pour l'exploitation de CND-1 et CND-2

Date	Décision	Référence	Validité	Objet
25/01/1974	AR 28/02/1963 RGPRI	Arrêté royal S.3.497/C 10001860841 modifié par : <ul style="list-style-type: none"> l'AR du 7 mai 1987 (réf. S.3.497/L) ; l'AR du 20 octobre 2009 (réf. AFCN 5000/AM-4-P/2B) autorisant la société anonyme « Verenigde Energiebedrijven van het Scheldeland EBES » à établir une centrale nucléaire à Doel et autorisant la S.A. ELECTRABEL, en tant que successeur légal de ladite S.A., à remplacer les générateurs de vapeur et à augmenter la puissance thermique du réacteur nucléaire de l'unité Doel 1 	- (durée illimitée)	Autorisation : <ul style="list-style-type: none"> Construction d'une centrale nucléaire, de deux unités d'une puissance thermique de 1192 MW chacune, et d'un turbo-alternateur de 390 MWe Diverses installations indispensables à l'exploitation de la centrale nucléaire

Tableau 1-3 Aperçu des autorisations d'exploitation de CND-1 et CND-2 en vertu du RGPRI

Date	Décision	Référence	Validité	Objet
10/03/1975	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/D 10001860843	-	Extension à deux récipients de vapeur supplémentaires
06/05/1975	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/E (E1 + E2) 10001860845 10001866814	-	Extension à un récipient de vapeur supplémentaire
21/09/1981	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/G 10001860911	-	Remplacement de deux récipients de vapeur
17/03/1981	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/H 10001860913	-	Complément aux conditions d'exploitation (sécurité)
07/09/1981	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/I 10001860916	-	Ajout de 2 batteries stationnaires
19/08/1983	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/J 10001860919	-	Déplacement et extension de la zone de stockage des liquides inflammables et des récipients à gaz amovibles
03/10/1986	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/K 10001860931	-	Installation de 2 supports d'huile usagée supplémentaires et de 4 récipients de vapeur supplémentaires
07/05/1987	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/L 10001860932	-	Modification de l'AR n° S.3497/C nav TJH
04/02/1988	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/M 10001860939	-	Remplacement de 16 préchauffeurs
12/04/1991	AR 28/02/1963 RGPRI	S.3.497/N 10001860949	-	Augmentation de l'enrichissement du combustible pour les réacteurs nucléaires D1 et D2
1/03/2004	SPF Economie, PME, Classes moyennes et Énergie	EP-2004-0010-A 10001861092	-	Autorisation individuelle pour la reconversion des installations de l'unité de production d'électricité 2 à Doel
06/05/2004	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/1 10001861095	-	Augmentation du taux d'enrichissement du combustible pour les unités Doel 1 et Doel 2

Date	Décision	Référence	Validité	Objet
06/05/2004	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/2 10001861104	-	Stockage des anciens générateurs de vapeur de Doel 2 dans l'extension de la zone de stockage des générateurs de vapeur usagés
06/05/2004	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/3 10001861136	-	Remplacement des générateurs de vapeur et augmentation de la puissance de l'unité Doel 2
16/05/2004	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/2A 10001861134	-	Confirmation de la décision de stocker les anciens générateurs de vapeur de Doel 2 dans l'extension GSG
05/12/2004	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/3A 10001861167	-	Confirmation de la décision de remplacer les générateurs de vapeur et d'augmenter la puissance de l'unité Doel 2 (aspect remplacement des générateurs de vapeur) VSG&P-D2 Documents de synthèse
20/01/2005	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/1A 10000546314	-	Confirmation de la décision d'augmenter le taux d'enrichissement du combustible pour les unités Doel 1 et Doel 2
29/04/2005	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4-N/3B 10000546315	-	Confirmation de la décision de remplacer les SG et d'augmenter la puissance de l'unité Doel 2 (aspect augmentation de la puissance) VSS&P - D2 Autorisation AFCN document de synthèse
18/02/2008	SPF Economie, PME, Classes moyennes et Énergie	EP-2007-0024-A 10001862415	-	Autorisation individuelle pour la reconversion des installations de l'unité de production d'électricité 1 à Doel
22/07/2008	AR 20/07/2001 RGPRI	3-1/FVW/06/08/7/ UN4/6252/53999 1001041985	-	Projet centrale nucléaire de Doel : « remplacement des diesels de sécurité D12 »
23/06/2009	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN-683/AM-4- N/3B 10010021026	-	BELV : R - dec - PV - 09-001-0- no : PV de livraison
20/10/2009	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN 5000/AM-4-P/1 ; 2 ; 1A 10010136425 10010136425	-	Extension GSG à Doel 1 et VSG&P + à Doel 1
08/02/2010	SPF Affaires intérieures AFCN	AFCN 8658/AM-4-P	-	Autorisation de modifier les conditions de Doel 1 et Doel 2
21/02/2010 26/10/2010	AR 20/07/2001 RGPRI	AFCN 5000/AM-4-P/2A et 2B 10010170964 10010221377	-	AR autorisant la SA Electrabel, en tant qu'entité juridique de ladite SA, à remplacer les générateurs de vapeur et à augmenter la puissance thermique de la centrale nucléaire de Doel 1

1.2.2 Autorisations régionales

La CND dispose de plusieurs autorisations environnementales. Ces autorisations sont énumérées au Tableau 1-4.

Tableau 1-4 Aperçu des autorisations environnementales de CND-1 et CND-2

Date	Autorité	Référence	Validité	Objet
04/02/1992	Ministère de la Communauté flamande	V/2535 10001863750	-	Autorisation de captage d'eau dans l'Escaut maritime à Doel et de déversement d'eau dans l'Escaut maritime à Doel
31/03/2011	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/A/5/HV/L W 10010248886	31/03/2031	Autorisation de poursuivre l'exploitation d'un établissement de production d'électricité (installations non nucléaires)
10/11/2011	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/W/5/LBR/ KVDB 10010294911	31/03/2031	Modification des conditions particulières de l'établissement K1
12/02/2015	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/W/6/LDR/ FV 10010529979	31/03/2031	Demande de modification des conditions K1 de l'autorisation environnementale en ce qui concerne le déversement des eaux usées et des eaux de refroidissement industrielles.

1.3 Description générale d'une centrale nucléaire

1.3.1 Principe de fonctionnement

Une unité de production nucléaire est composée d'une partie nucléaire et d'une partie conventionnelle. L'électricité est produite en utilisant la chaleur dégagée dans le cœur du réacteur par la fission de l'uranium légèrement enrichi en ^{235}U (entre 3 et 5 %), qui constitue le combustible nucléaire. Cette chaleur est utilisée pour chauffer l'eau maintenue sous pression dans le circuit primaire. Dans les générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire circule dans des milliers de tubes étanches et transmet sa chaleur à l'eau du circuit secondaire. L'eau du circuit secondaire est transformée en vapeur à haute pression qui est utilisée pour actionner une turbine à grande vitesse, laquelle entraîne un alternateur qui produit de l'électricité. À la sortie de la turbine, la vapeur contenue dans le condenseur est reconvertie en eau, puis renvoyée vers le générateur de vapeur pour un nouveau cycle. Le processus de production d'électricité est illustré à la Figure 1-5.



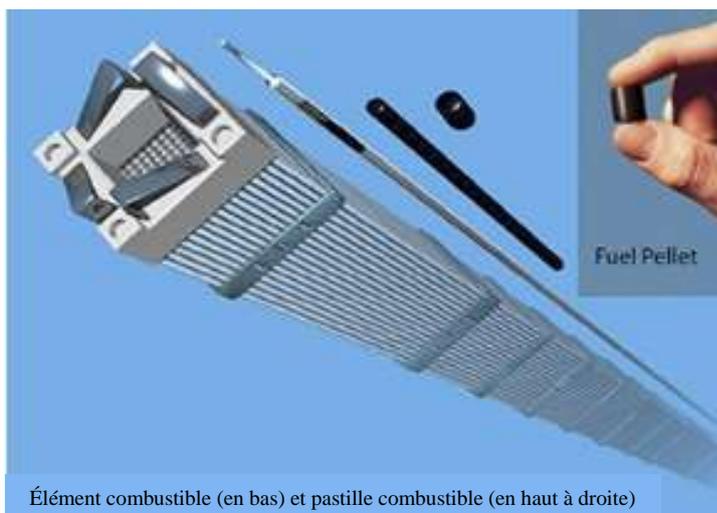
- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Reactor | 14. Alternator |
| 2. Spil/storstuifen | 15. Bekrachtiger alternator |
| 3. Regelstaven | 16. Transformator |
| 4. Drukregelvat | 17. Hoogspanningslijn |
| 5. Stoomgenerator | 18. Waterloop (Scheide) |
| 6. Primaire pomp | 19. Opname koelwater |
| 7. Voedingswater primaire kring | 20. Koud koelwater |
| 8. Voedingswater secundaire kring | 21. Opgewarmd koelwater |
| 9. Stoom secundaire kring | 22. Koeltoren |
| 10. Hogedrukturbine | 23. Opwaartse luchtstroom |
| 11. Lagedrukturbine | 24. Waterdamp |
| 12. Condensor | 25. Lozing koelwater |
| 13. Voedingspomp | 26. Consumenten |

Figure 1-5 Schéma d'une centrale nucléaire

1.3.2 Partie nucléaire

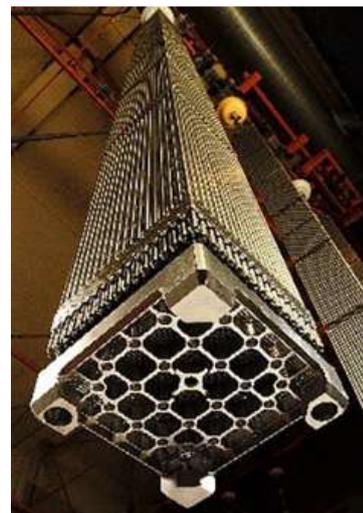
Les réacteurs de la CND sont de type « *Pressurized Water Reactor* » (PWR). Les bâtiments des réacteurs ont chacun un double système de confinement. L'espace annulaire entre les deux enceintes est en pression négative pour éviter les fuites vers l'environnement.

Le combustible se présente sous la forme de pastilles d'oxyde d'uranium, de forme cylindrique d'environ 8 à 9 mm de diamètre et 15 mm de hauteur. Les pastilles de combustible sont empilées dans des tubes fermés d'environ 4 m de haut : la combinaison des pastilles et du tube est généralement appelée « barre de combustible ». Les barres de combustible sont assemblées en plusieurs faisceaux pour former une structure métallique appelée « élément combustible » (cf. Figure 1-6). C'est sous cette forme que le combustible nucléaire est livré sur le site et utilisé.



Élément combustible (en bas) et pastille combustible (en haut à droite)

Figure 1-6 Élément combustible



La partie où se produit la réaction de fission est appelée le « cœur » ; c'est l'ensemble des éléments combustibles qui contiennent l'uranium. Les éléments combustibles sont placés dans la cuve du réacteur (fût en acier rempli d'eau) dans un ordre bien défini. Les éléments combustibles y restent pendant environ 48 mois. Un quart du combustible est retiré du réacteur environ tous les 12 mois et remplacé par des éléments combustibles contenant du combustible neuf. Les éléments combustibles usés de CND-1 et CND-2 sont stockés dans le bassin de combustible du bâtiment des services nucléaires (GNH). Lorsqu'ils sont suffisamment refroidis, les éléments combustibles usés sont transférés dans le SCG.

Ce type d'assemblage permet de transférer l'énergie thermique libérée par la fission à l'eau du circuit primaire, sans que les produits de fission ne quittent les barres de combustible scellées.

La réaction en chaîne de fission porte les éléments combustibles à une température élevée (environ 900 °C). La chaleur du cœur du réacteur est transférée à l'eau³ qui circule dans un circuit fermé et étanche. Ce premier circuit est appelé le circuit primaire. L'eau de ce circuit atteint une température moyenne de 300 °C. Dans un réacteur à eau pressurisée, l'eau est maintenue sous pression au moyen d'un régulateur de pression, qui empêche l'eau de bouillir. Les pompes primaires sont utilisées pour compenser les pertes de pression dans le circuit.

L'eau chaude du circuit primaire transfère à son tour la chaleur à un second circuit fermé, le circuit secondaire. Les deux sont hermétiques l'un à l'autre. L'échange de chaleur a lieu dans un générateur de vapeur, un grand échangeur de chaleur cylindrique composé de milliers de tubes. Les unités CND-3 et CND-4 comptent trois circuits, chacune étant équipée d'un générateur de vapeur et d'une pompe primaire, mais ne comportant qu'un seul régulateur de pression pour l'ensemble du circuit primaire. Les unités CND-1 et CND-2 n'ont que 2 circuits.

Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire est soigneusement contrôlé. Pour démarrer, arrêter et faire fonctionner le réacteur à différents niveaux de puissance, les opérateurs agissent sur l'intensité de la

³ De l'eau additionnée d'acide borique, qui modère (ralentit) le processus et absorbe les neutrons en excès pour contrôler la réaction en chaîne.

réaction en chaîne au moyen de barres de contrôle constituées de matériaux pouvant absorber des neutrons. L'insertion de ces barres dans le cœur du réacteur entraîne l'absorption des neutrons et réduit ainsi le nombre de réactions en chaîne. En cas de situation inattendue, ces mêmes barres tombent automatiquement dans le cœur, arrêtant la réaction en chaîne en moins de 2 secondes. Les barres sont donc utilisées pour des variations rapides de la puissance du réacteur. En outre, un absorbeur de neutrons soluble dans l'eau, le bore, est ajouté à l'eau du cœur pour contrôler l'intensité de la réaction de fission ; la concentration de bore est ajustée quotidiennement.

1.3.3 Partie conventionnelle

L'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau qui circule dans le circuit secondaire. Il n'y a donc pas d'échange de fluide, seulement un échange de chaleur, qui a lieu dans le générateur de vapeur. Lorsque l'eau entre en contact avec les tubes du circuit primaire du générateur de vapeur, l'eau du circuit secondaire se réchauffe et se transforme en vapeur. La vapeur produite entraîne une turbine : l'énergie calorifique est transformée en énergie cinétique. Chaque turbine se compose d'un corps haute pression et de deux corps basse pression. Un alternateur, connecté à chaque turbine, convertit finalement l'énergie cinétique en électricité, qui est envoyée au réseau haute tension (cf. Figure 1-5).

La vapeur utilisée par la turbine est refroidie dans le condenseur, où elle est retransformée en eau liquide après avoir été en contact avec des milliers de tubes. Dans les tubes, l'eau circule dans un troisième circuit, appelé circuit tertiaire ou circuit de refroidissement, qui est alimenté par l'eau de l'Escaut. L'eau du circuit secondaire peut ensuite être renvoyée vers le générateur de vapeur pour être réchauffée à l'état de vapeur et poursuivre le cycle.

À l'image des grandes centrales thermiques classiques, les unités CND-3 et CND-4 utilisent des tours de refroidissement pour réduire la température de l'eau de refroidissement par circulation naturelle de l'air. L'eau chauffée est dispersée à la base de la tour sous forme de gouttelettes et est refroidie par le flux d'air ascendant. La majeure partie de cette eau retourne au condenseur, tandis que le reste est rejeté dans la rivière. Seule une petite partie, environ 2 %, s'évapore dans l'atmosphère : c'est le panache de condensats qui s'échappe de la tour. Le refroidissement du condenseur des unités CND-1 et CND-2 se fait par flux direct. Au fil des ans, la possibilité a été créée d'envoyer également cette eau de refroidissement sur les tours de refroidissement, selon les besoins.

De nombreux circuits et annexes permettent également l'exploitation de centrales électriques, comme :

- les chaudières diesel auxiliaires conventionnelles pour la production de vapeur au démarrage de l'unité ou en tant qu'appoint au cas où les transformateurs de vapeur ne seraient pas disponibles dans les installations nucléaires ;
- les moteurs diesel de secours liés à la sûreté nucléaire et les réservoirs associés ;
- les batteries stationnaires ;
- les transformateurs qui envoient l'électricité produite vers le réseau à haute tension.

1.4 Description de la centrale nucléaire de Doel

Electrabel SA exploite une centrale nucléaire de Doel (CND), qui comprend quatre unités de production avec une capacité de production totale de 3 720 MWe.

La CND se compose de :

- quatre unités de production :
 - la centrale jumelée de CND-1 et CND-2 possède certains circuits en commun,
 - les unités de CND-3 et CND-4 sont des unités distinctes, mais presque identiques ;
- une installation pour le traitement des déchets nucléaires et l’approvisionnement en eau de traitement ;
- une installation pour le stockage à sec des éléments combustibles usés ;
- un bâtiment pour le stockage des anciens générateurs de vapeur.

La production nette d’électricité de la CND (production brute moins la consommation des services auxiliaires nécessaires à l’exploitation de la centrale) entre 2012 et 2018 est présentée au Tableau 1-15 [Electrabel, 2013], [Electrabel, 2014], [Electrabel, 2015a], [Electrabel, 2016], [Electrabel, 2017], [Electrabel, 2018], [Electrabel, 2019].

Tableau 1-156 Production nette d’électricité à la centrale nucléaire de Doel, en GWh

Unité	Mise en service	Puissance thermique [MWth]	Capacité de production installée [MWe] ⁴	Production [GWh]						
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CND-1	1975	1 312	530	03 445	03 708	03 556	397	03 015	03 426	01 172
CND-2	1975	1 312	530	03 262	03 557	03 528	02 971	03 307	03 413	01 475
CND-3	1982	3 064	1 330	03 695	04 998	02 072	064	07 287	06 380	03 756
CND-4	1985	3 000	1 330	07 819	08 447	04 887	07 744	08 782	07 461	05 514
Total		8 688	3 720	18 220	20 720	14 044	11 177	22 120	20 681	11 918

1.4.1 Localisation

Le site de la CND se trouve dans la partie la plus au nord de ce que l’on appelle le Waaslandhaven, dans la zone portuaire d’Anvers, sur la rive gauche, à Doel, qui fait partie de la commune de Beveren, dans la province de Flandre orientale. Son emplacement est indiqué à la Figure 1-7 ci-dessous.

⁴ Puissance de l’alternateur



Figure 1-7 Localisation (en rouge) du site de production de la CND⁵

Le site de la CND a été aménagé dans les années 1960, les anciens polders ayant été rehaussés au moyen de remblais. Les polders de l’Escaut se sont principalement formés à l’époque historique.

La CND est assez isolée dans le coin nord de la zone portuaire, sur la rive gauche. Le site industriel est géographiquement délimité par :

- des polders et la zone de compensation naturelle du Paardenschor au nord ;
- le village de polder de Doel (ou ses vestiges) au sud ;
- l’Escaut à l’est ;
- des polders (désignés comme zone portuaire maritime avec affectation agricole temporaire - zone ZTA) à l’ouest.

1.4.2 Localisation spatiale

La CND et son environnement immédiat étaient inclus dans le plan régional d’aménagement du territoire (GRUP) « Afbakening Zeehavengebied Antwerpen – Havenontwikkeling Linkeroever » qui avait été approuvé par le gouvernement flamand en 2014. L’arrêt du Conseil d’État du 20 décembre 2016 a annulé ce GRUP de 2014. Par conséquent, la poursuite du développement naturel de Doelpolder Midden et l’aménagement du dock Saeftinghe (à hauteur du village de polder de Doel) ne se poursuivent pas pour l’instant. Une procédure appelée « projet complexe en cours », dans laquelle le gouvernement flamand a pris une décision concernant l’alternative de mise en œuvre du projet, est actuellement en cours.

⁵ <http://geo-vlaanderen.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/kleurenortho/#>

Par conséquent, l'affectation de la CND et de son environnement immédiat est à nouveau déterminée par le plan régional original de 1978 (arrêté royal du 7 novembre 1978 établissant le plan régional Sint-Niklaas-Lokeren).

La Figure 1-8 Environnement du site de production de la CND (CND encadrée en noir)

montre l'affectation actuelle de la CND et de son environnement immédiat sur le plan régional de 1978. Le Tableau 1-7 comprend la légende.

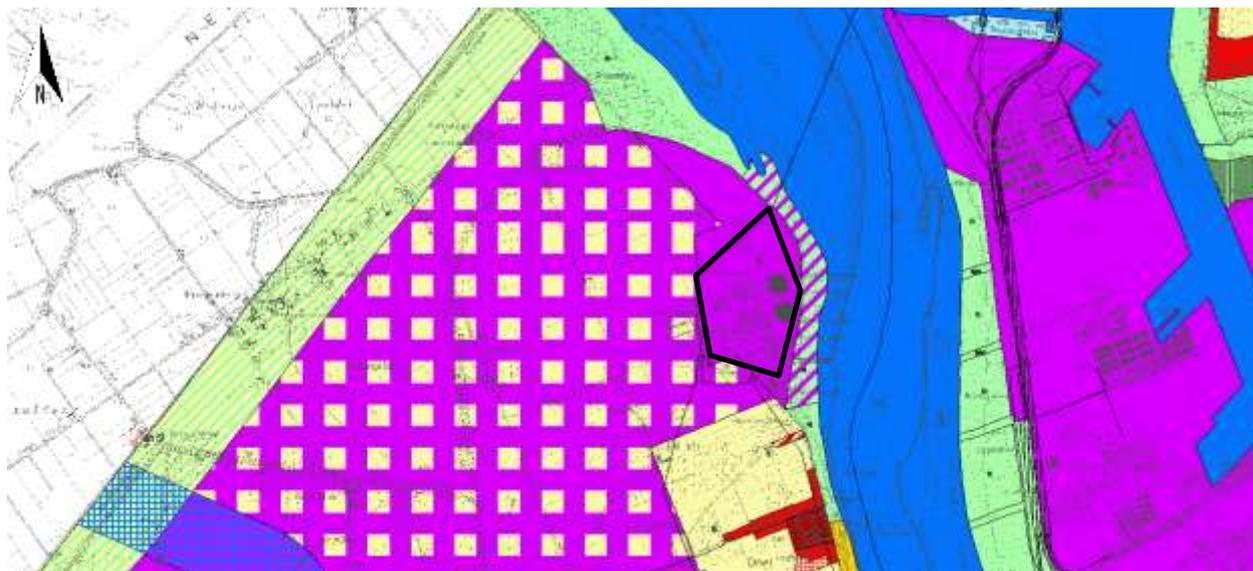


Figure 1-8 Environnement du site de production de la CND ⁶ (CND encadrée en noir)

Tableau 1-7 Légende

Élément	Description
	Zone industrielle
	Zone d'expansion du port
	Zone naturelle
	Zones naturelles d'intérêt scientifique ou réserves naturelles
	Zones forestières
	Zone naturelle de servitude (à l'égard des lignes de transmission et des pipelines)
	Zones agraires
	Zone de réserve pour extension
	Zone résidentielle
	Zones résidentielles à caractère rural

⁶ Source : <http://geopunt.be>

Élément	Description
	Zones résidentielles présentant une valeur culturelle, historique et/ou esthétique
	Zones d'extension résidentielle
	Zone industrielle avec possibilité d'extension du dock à marée

1.4.3 Environnement naturel

La CND est située le long de l'Escaut et se trouve donc également dans son bassin versant, plus précisément dans le bassin de l'Escaut inférieur.

L'Escaut est un fleuve à marée. Cet effet de marée permet également d'assurer la présence sur les rives de l'Escaut, y compris à la CND, de nombreuses zones naturelles importantes de grande valeur biologique. Ces réserves naturelles comprennent les zones de polders et les slikkes et les schorres situés au-delà des digues. Les slikkes et les schorres ainsi que l'Escaut lui-même ont été répertoriés en tant que zones Habitats. En outre, toute la zone du Waaslandhaven et les zones de polders adjacentes ont été répertoriées en tant que zones d'intérêt faunistique. Il s'agit également d'une zone Oiseaux.

Les zones Natura 2000 situées à proximité de la CND sont :

- BE2300006 - Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent ;
- BE2301336 - Beneden-Schelde.

On retrouve également des zones du réseau écologique flamand (VEN), des zones IVON (Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk) et des réserves naturelles reconnues à proximité du site de la CND.

La Figure 1-9 montre les principales valeurs naturelles à proximité de la centrale nucléaire.



Figure 1-9 Valeurs naturelles à proximité du site de CND et son environnement plus large⁷ (CND indiquée en rouge)

1.4.4 Environnement bâti

Il n'y a pas d'autres entreprises situées autour du site de la CND. Les entreprises les plus proches sont situées sur la rive droite, à environ 2 km (industrie chimique) et autour du dock Deurganck (circulation de conteneurs).

En ce qui concerne l'habitat, outre le centre du village de Doel abandonné et partiellement exproprié, il existe quelques zones résidentielles à proximité de la centrale nucléaire (Prosperdorp et Oude Doel) et des fermes dispersées dans les polders. À l'exception de Prosperdorp, ces habitations ne se trouvent pas dans une zone résidentielle définie dans les plans d'aménagement du territoire (plan régional).

La zone résidentielle la plus proche se trouve à 2 600 mètres (de la limite du site) au sud-est, à savoir Fort Lillo. Elle est suivie de Berendrecht (3 300 mètres au nord-est) et de Zandvliet (4 000 mètres au nord-est). Toutes ces zones résidentielles sont situées sur la rive droite. La zone résidentielle la plus proche sur la rive gauche est Kieldrecht, à quelque 5 700 m au sud-ouest. Kallo est situé à plus de 6 700 mètres (sud-est), tandis que le centre du village de Beverse est situé à 10 km au sud du site industriel.

L'habitation la plus proche est située à une distance d'environ 800 m à l'ouest de la zone du projet.

Les polders situés à proximité immédiate sont faiblement peuplés.

⁷ <http://geo-vlaanderen.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/ven/#>

1.4.5 Parcelles cadastrales

Le projet est entièrement situé sur des parcelles cadastrales qui appartiennent à Electrabel SA (Figure 1-10). Toutes ces parcelles de terrain sont situées dans la commune de Beveren.



Figure 1-10 Plan cadastral

1.4.6 Plan d'aménagement du site de la CND

Le plan d'aménagement du site est présenté à la Figure 1-11. Le site compte quatre réacteurs :

- les doubles réacteurs de CND-1 et CND-2, qui ont certains systèmes en commun ;
- CND-3 ;
- CND-4.

En outre, le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB) et le bâtiment de conteneurs à combustible (SCG) contiennent des matières radioactives. Les autres bâtiments ne contiennent aucune matière radioactive. Une description plus détaillée des différentes installations et des bâtiments est donnée au paragraphe 1.4.7.

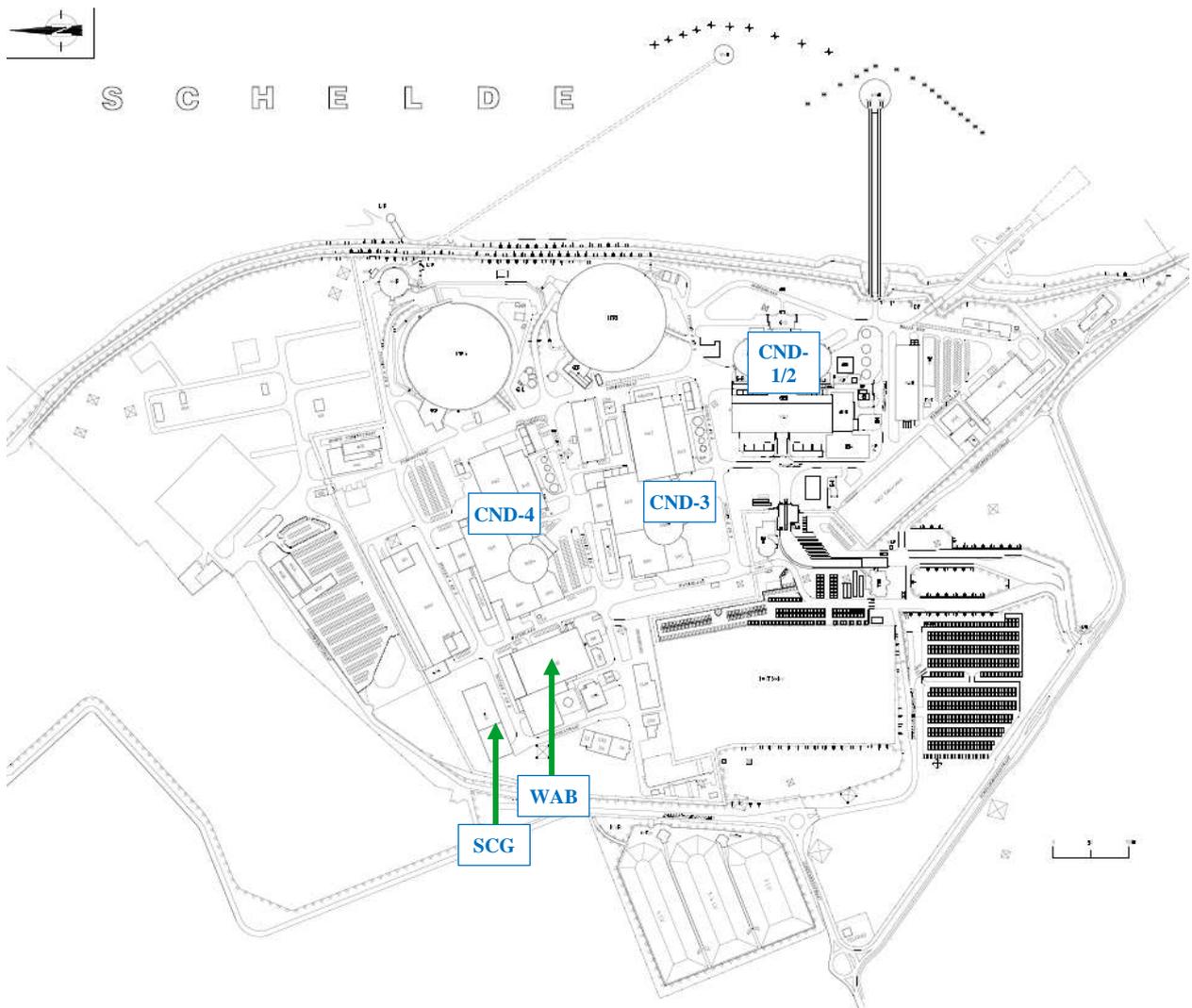


Figure 1-11 Plan d'aménagement du site de Doel

1.4.7 CND-1 et CND-2

CND-1 et CND-2 ont été construites conformément aux réglementations américaines. Elles ont été raccordées au réseau en 1974 et 1975 respectivement. Les principales structures et les principaux bâtiments sont décrits ci-dessous.

1.4.7.1 Bâtiments des réacteurs (RGB)

Les deux bâtiments des réacteurs (RGB) de CND-1 et CND-2 sont situés symétriquement de part et d'autre du bâtiment des services de secours nucléaires (GNH).

Chaque bâtiment de réacteur contient un réacteur à deux circuits et son circuit primaire d'eau à haute pression, ainsi qu'une partie des services de secours nucléaires, tels que les accumulateurs du système d'injection de sécurité et les collecteurs du circuit de pulvérisation de l'enceinte de confinement. On peut dire que le système d'injection de sécurité et le circuit de pulvérisation garantissent que le cœur du réacteur reste refroidi lors d'un accident avec perte de réfrigérant primaire et que l'augmentation de

pression dans l'enceinte de confinement reste limitée, de sorte que l'enceinte de confinement reste intacte et que l'émission de radioactivité est limitée.

Chacune des deux unités nucléaires de production de vapeur est installée dans une enceinte de confinement étanche formée d'une sphère métallique de 46 m de diamètre (l'enceinte primaire), entourée d'une coque cylindrique en béton de 50 m de diamètre extérieur (l'enceinte secondaire), surmontée d'un chapeau arrondi.

Par « structures internes », on entend principalement :

- le blindage balistique en béton armé autour du circuit primaire du réacteur ;
- le bassin du réacteur ;
- les étages de travail répartis sur 4 niveaux (5 m - 9 m - 18,5 m et 24,5 m) ;
- la trajectoire de la grue polaire.

Une augmentation de 10 % de la puissance a été obtenue grâce au remplacement des générateurs de vapeur de CND-1 (2010) et de CND-2 (2004). Les anciens générateurs de vapeur, qui sont considérés comme une source radioactive après leur démantèlement, sont stockés dans un bâtiment prévu à cet effet sur le site de la CND.

1.4.7.2 Bâtiment des services de secours des réacteurs (BAR1, BAR2)

Le bâtiment des services de secours des réacteurs (BAR) abrite les conduites de vapeur (circuit MS) et les conduites d'eau d'alimentation (circuit FW), les équipements de ces circuits et presque tous les équipements du circuit d'eau d'alimentation auxiliaire (circuit AFW).

1.4.7.3 Bâtiment des services de secours nucléaires (GNH)

Le bâtiment des services de secours nucléaires (GNH), situé entre les bâtiments des réacteurs 1 et 2, a été divisé en deux zones pour isoler les zones potentiellement hautement radioactives du reste du bâtiment. La scission a été faite au niveau du plancher à 9 m. Le GNH contient :

- les systèmes nucléaires auxiliaires et les systèmes de sécurité des réacteurs CND-1 et CND-2 ;
- le bassin de stockage du combustible usé ;
- les installations de stockage et de traitement des déchets radioactifs gazeux, liquides et solides, ainsi que les pompes de transfert des différents rejets liquides vers le WAB ; les déchets solides seront centralisés dans le WAB comme pour les autres unités ;
- la salle dédiée à la préparation et au stockage des solutions concentrées d'acide borique ;
- les laboratoires chimiques et les vestiaires (avec douches et sanitaires) donnant accès à la zone contrôlée ;
- les installations de ventilation.

Le bâtiment des services de secours nucléaires mesure 85 m de long sur 22 m de large.

1.4.7.4 Bâtiment des systèmes de secours (GNS)

GNS désigne le bâtiment dans lequel sont logés les systèmes de secours. Le bâtiment des systèmes de secours a été construit à côté du bâtiment des services de secours nucléaires (GNH), le long de l'Escaut. Il

abrite la salle de contrôle de secours et est relié au bâtiment des services de secours électriques (GEH) par un couloir situé sur le toit du GNH.

Dans ce bâtiment se trouvent principalement :

- les sècheurs, les filtres et les réservoirs du circuit EI (air comprimé de secours) et les compresseurs EI ;
- la préparation du glycol et la récupération des drains et des événements contenant du glycol ;
- les diesels de secours avec leurs réservoirs et pompes à carburant (circuit ED) et leurs refroidisseurs d'air ;
- les refroidisseurs d'air des circuits EC (refroidissement intermédiaire de secours) et PL (refroidissement et épuration du bassin de stockage de combustible) ;
- les pompes EF et les réservoirs EF (eau d'alimentation de secours) ;
- les pompes RJ et les réservoirs RJ (refroidissement de secours des joints des pompes primaires) ;
- les salles de câbles 6,6 kV et 380 V ;
- deux jeux de batteries ;
- les redresseurs ;
- les salles de contrôle de secours (NKZ), qui permettent de maintenir au chaud ou d'arrêter à froid les réacteurs de CND-1 et CND-2 à partir du GNS ;
- la ventilation d'extraction du bâtiment des services de secours nucléaires (GNH) et la ventilation pour le GNS.

Au sous-sol, il y a :

- un local avec deux réservoirs pour le stockage des rejets gazeux ;
- un local pour un compresseur GW (déchets gazeux) ;
- un local pour le stockage des déchets radioactifs.

1.4.7.5 Salle des machines (MAZ)

La salle des machines (MAZ) mesure 132 m de long, 38 m de large et 40 m de haut. Les murs extérieurs sont recouverts d'un bardage métallique et le toit est également en métal.

La MAZ comprend, en ligne, les équipements de la partie secondaire des unités, à l'exception des pompes de circulation situées dans la prise d'eau : les groupes turbo-alternateurs d'une vitesse de 1 500 tr/min, leurs stations d'eau, les condenseurs, la station de réchauffage, etc.

Les deux groupes de turbo-alternateurs sont placés en face l'un de l'autre le long d'un axe commun. Les blocs de fondation en béton des groupes turbo-alternateurs reposent sur des pieux.

Les transformateurs principaux sont situés le long de la façade ouest de la salle des machines (MAZ), tandis que les transformateurs domestiques et les transformateurs de démarrage sont situés le long de la façade est du bâtiment des services de secours électriques (GEH).

1.4.7.6 Bâtiment des services de secours électriques (GEH)

Le bâtiment des services de secours électriques (GEH) est adjacent à la salle des machines (MAZ),

du côté de l'Escaut.

Le bâtiment des services de secours électriques comprend :

- la salle de contrôle avec les tables de contrôle et les panneaux verticaux principaux. Il n'y a qu'une seule salle de contrôle (KZ), située au centre du GEH et adjacente au bâtiment des services de secours nucléaires (GNH) ; de là, les deux unités peuvent être contrôlées à partir de tables et de panneaux de contrôle séparés ;
- les salles de contrôle auxiliaires avec les panneaux verticaux auxiliaires ;
- la salle électronique ;
- la salle de relais et de distribution ;
- la salle des câbles ;
- la salle des batteries ;
- les salles avec les tableaux électriques.

Le bâtiment a une longueur totale de 132 m et une largeur de 10 m. Au milieu du bâtiment, cette largeur passe à 14 m sur une longueur de 39,6 m. La hauteur totale du bâtiment est de 22,5 m.

1.4.7.7 Bâtiment des services de secours mécaniques (GMH)

Le bâtiment des services de secours mécaniques contient les anciens diesels de sécurité. Ce bâtiment à ossature métallique s'étend le long de la façade sud de la salle des machines. Il s'agit d'un bâtiment de 51 m sur 28 m.

Il a été conçu indépendamment de la salle des machines avec des structures autoportantes. Il n'y a pas de caves. Le rez-de-chaussée compte des salles indépendantes pour les diesels, les compresseurs d'air, ainsi que l'*Onsite Technical Support Center* (OTSC) et des salles à fonction sociale. Environ la moitié de la surface est occupée par des installations de déminéralisation de l'eau.

La partie du bâtiment comportant un étage présente une hauteur de 18 m. La partie sans étage a une hauteur de 9 mètres. Les refroidisseurs d'air des groupes diesel et la ventilation de l'OTSC ont été placés sur le toit.

1.4.7.8 Conduites de prise d'eau et de déversement d'eau

Le captage d'eau pour l'approvisionnement en eau de l'Escaut (circuit tertiaire) est situé à environ 200 m du chenal, entre les lignes de profondeur à - 4,00 m et - 6,00 m, à environ 225 m de la digue d'hiver et 150 m de la digue d'été. La structure consiste en un cylindre en béton armé de 40 m de diamètre, divisé en deux moitiés égales, chacune destinée à un groupe distinct. Il est protégé par une série de ducs-d'Albe, dont les trois plus grands, disposés en épi le long du chenal, sont conçus pour absorber l'impact d'un navire de 50 000 tonnes.

L'eau de circulation est acheminée vers la salle des machines (MAZ) par une conduite de décharge en béton armé. Les canaux d'alimentation sous la plaque de sol de la salle des machines sont alimentés par le déversoir et distribuent l'eau au condenseur. Après le refroidissement du condenseur, l'eau de circulation va dans les tours de refroidissement atmosphérique de CND-3 et CND-4. Une partie de l'eau de circulation commune est rejetée dans l'Escaut via les canaux de déversement.

Une canalisation est raccordée aux canaux d'alimentation de la salle des machines, en amont du condenseur, qui prélève l'eau de refroidissement et l'achemine vers une batterie d'échangeurs de chaleur pour les équipements nucléaires, dans le bâtiment des services de secours nucléaires (GNH).

Un circuit de refroidissement indépendant (RW) double le circuit ci-dessus. Il est chargé de refroidir les circuits nucléaires lorsque le circuit principal tombe en panne en raison d'un dysfonctionnement. Il est constitué d'un ensemble de quatre tours de refroidissement atmosphérique avec des ventilateurs d'aspiration.

1.4.7.9 Bâtiment central A (CGA)

Le bâtiment central A (CGA), un bâtiment administratif, est adjacent aux bâtiments MAZ et GMH. Il ne contient aucun équipement lié à la sécurité.

1.4.7.10 Bâtiment des diesels de sécurité (DGG)

Le bâtiment des générateurs diesel contient les diesels de sécurité et les réservoirs diesel et systèmes connexes (salles électriques, salles de batteries, etc.). Ce bâtiment est situé entre le bâtiment des ateliers (WPG) et le poste 150 kV. Le bâtiment est commun à CND-1 et CND-2.

1.4.7.11 Annexes

Outre les unités de production et les installations auxiliaires qui assurent le fonctionnement correct et sûr de la centrale, nous trouvons aussi :

- le bâtiment d'entrée ;
- le bâtiment de bureaux ;
- l'ensemble « atelier – entrepôt », qui comprend les services suivants :
 - l'entrepôt réparti sur deux niveaux,
 - l'entrepôt des bouteilles de gaz (petit bâtiment indépendant, avec un toit léger et une ventilation naturelle, divisé en deux parties par un mur : une partie pour les bouteilles d'air comprimé ou d'oxygène comprimé, et une autre partie pour les bouteilles de gaz inflammables (acétylène, hydrogène, méthane, etc.) ; les gaz neutres peuvent être stockés dans les deux parties),
 - l'atelier de mécanique,
 - l'atelier d'électricité,
 - les laboratoires d'instrumentation et d'électricité,
 - la menuiserie,
 - un garage avec l'équipement de lutte contre l'incendie,
 - un garage avec les équipements du service de radioprotection.

1.4.7.12 Connexion au WAB

Sur le site de la CND, on trouve également le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB), qui comprend les systèmes de traitement des effluents solides et liquides.

Un certain nombre de modifications ont été apportées aux installations CND-1 et CND-2 afin de permettre leur connexion au WAB. Les modifications visent principalement à adapter le tri actuel des déchets aux principes applicables à CND-3 et CND-4 :

- les flux d'eaux usées recyclables avec, d'une part, des drains d'eau primaire non dégazés et, d'autre part, des drains d'eau primaire dégazés ;
- les flux d'eaux usées non recyclables contenant : les eaux usées d'exploitation (drains de sol, eaux de douche et de lavage), les drains chimiques et les eaux usées de régénération liées à l'épuration continue des condensats.

Les transferts vers le WAB se font par « lot », après accord téléphonique entre le WAB et CND-1 et CND-2.

1.4.7.13 Combustible usé

Le combustible usé de CND-1 et CND-2 est stocké dans le bassin de combustible nucléaire du bâtiment des services nucléaires (GNH). Une fois suffisamment refroidi, le combustible usé est transféré au SCG, où il est stocké dans des *Dual Purpose Casks* (DPC).

Les DPC sont conçus pour le transport des combustibles usés entre les bâtiments du site, leur stockage temporaire sur le site et leur transport sur le domaine public. Les conteneurs sont disposés de manière à assurer une protection contre les rayonnements ionisants. Chaque DPC est conçu pour stocker une quantité prédéfinie d'éléments combustibles. Le nombre d'éléments combustibles par DPC est fonction du type de DPC, de la géométrie et de la masse des éléments combustibles, de leur enrichissement et du taux de fission.

Les fonctions de sécurité sont garanties par la conception du DPC. Les fonctions de sécurité sont garanties pendant le stockage, le transport interne entre les bâtiments de combustible des unités nucléaires et le bâtiment de stockage, ainsi que pendant les diverses opérations de manutention et de (dé)chargement. Ces fonctions de sécurité sont :

1. le confinement des matières radioactives dans le conteneur ;
2. la protection radiologique contre les rayonnements ionisants émis par les éléments combustibles usés ;
3. l'assurance de l'état sous-critique ;
4. la dissipation de la chaleur résiduelle des éléments combustibles (la conception du bâtiment doit le permettre).

1.4.7.14 Niveaux de protection

Toutes les unités de Doel ont deux niveaux de protection : le premier niveau de protection des systèmes est conçu pour protéger l'unité contre les incidents et accidents d'origine interne et les tremblements de terre, tandis que le second niveau de protection des systèmes de sécurité ultime est dédié aux accidents externes.

1.5 Modifications aux installations CND-1 et CND-2

1.5.1 Modifications préalables au projet

La conception initiale des centrales s'est appuyée sur une base réglementaire solide : les codes nucléaires américains et la réglementation 10CFR50 applicable à l'ensemble de l'île nucléaire. Par la suite, l'introduction du code ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) a permis de distinguer l'importance des circuits nucléaires et de renforcer les exigences de sécurité pour chaque circuit.

Au fil du temps, des améliorations ont été apportées aux installations, les principaux objectifs étant les suivants :

- améliorer la sûreté nucléaire ;
- augmenter la disponibilité et la fiabilité des installations.

Les principales modifications dans le cadre de la sûreté nucléaire sont basées sur les évaluations périodiques de la sûreté (*Periodic Safety Reviews - PSR*). Outre les améliorations résultant des PSR, de nombreuses autres modifications et améliorations ont été apportées à la suite d'inspections internes et externes, de la maintenance, des enseignements tirés (notamment après des incidents et accidents nucléaires majeurs, comme ceux de Three Miles Island, Tchernobyl et Fukushima).

Le premier examen décennal de la sécurité (PSR 1, en 1984) a été d'une grande portée. Les nouvelles connaissances et exigences issues de l'expérience nationale et internationale des centrales PWR ont permis d'accroître considérablement la sûreté nucléaire. Les exigences relatives à la construction des nouvelles unités ont été incluses et les thèmes de sécurité, l'expérience et les réglementations des centrales étrangères ont été pris en compte. Le PSR 2 (1995) s'est concentré sur la révision de la sécurité. Dès lors, l'approche structurelle de l'obsolescence et de l'usure est engagée. Le PSR 3 (2012) s'est concentré sur les aspects suivants : confirmation du niveau de sécurité initial, évaluation du vieillissement des installations, *operating experience feedback* (interne et externe). D'autres améliorations ont été apportées grâce à la gestion de l'expérience.

Les principales réalisations pour CND-1 et CND-2 sont présentées ci-dessous (parmi une longue liste d'améliorations fondées sur le principe de l'amélioration continue) :

- construction du bâtiment des systèmes de secours (GNS) bunkérisé, analogue aux nouvelles unités CND-3 et CND-4. Le GNS est important en tant qu'appui pour les systèmes de premier niveau dans un certain nombre de scénarios d'accident. La conception du GNS est basée sur des études approfondies d'accidents d'origine externe tels que les tremblements de terre, les explosions de gaz ou les impacts d'avions. Les systèmes de secours du GNS sont conçus pour assurer les fonctions suivantes : maintien de l'inventaire d'eau dans le circuit du réacteur, maintien de la sous-criticité du réacteur, évacuation de la chaleur de la postcombustion, salle de contrôle de secours (PSR1, réalisation la plus importante) ;
- évaluation et augmentation de la résistance aux tremblements de terre des installations d'importance nucléaire (PSR1) ;

- augmentation de la résistance au feu de la salle de contrôle et ajustement de la ventilation de la salle de contrôle contre le risque de gaz toxiques et de contamination radioactive (PSR1) ;
- renforcement des lignes à haute énergie pour réduire les conséquences en cas de rupture et permettre l'arrêt à froid de l'unité en toute sécurité (PSR1) ;
- remplacement des soupapes de sûreté du circuit du réacteur par des soupapes de sûreté à commande hydraulique, afin d'assurer une protection contre les surpressions à chaud et à froid (PSR1) ;
- installation de recombineurs d'hydrogène catalytiques passifs dans les bâtiments des réacteurs pour éviter le risque d'explosion d'hydrogène (PSR1) ;
- remplacement des quatre vannes de vapeur principales pour améliorer la fiabilité de l'isolation rapide des conduites de vapeur principales (PSR1) ;
- installation de générateurs diesel supplémentaires pour l'alimentation électrique des systèmes auxiliaires de la turbine (PSR1) ;
- simulateur « *full-scope* » de la salle de contrôle de CND-1 et CND-2 (1988) ; le simulateur a entre-temps été mis à jour et étendu ;
- mise à niveau des pompes d'injection de sécurité basse pression/pompes *shutdown* pour augmenter leur fiabilité (PSR2) ;
- extension du filtre de recirculation du système d'injection de sécurité dans les bâtiments des réacteurs (suivie ultérieurement d'une deuxième grande campagne d'extension) (PSR2) ;
- mise à niveau de la résistance au tremblement de terre de certains équipements (PSR2) ;
- évaluation et validation de la qualification pour la stratification thermique des tuyauteries de la cuve de contrôle de pression et des générateurs de vapeur (PSR2) ;
- réévaluation des études d'accidents, après les ajustements du PSR 1 (PSR2) ;
- réalisation d'un *Probabilistic Safety Assessment* (PSA) pour identifier les faiblesses potentielles des installations ; cette étude a démontré l'impact bénéfique des procédures d'accidents modifiées et de l'installation des recombineurs d'hydrogène catalytiques dans les bâtiments des réacteurs (PSR2) ;
- ajustements des ponts polaires dans les bâtiments des réacteurs pour se conformer à la réglementation adaptée (PSR3) ;
- remplacement des serpentins de refroidissement des systèmes de ventilation dans le bâtiment du réacteur et le bâtiment électrique (PSR3) ;
- remplacement et amélioration du *Loose Part Monitoring System* du circuit du réacteur (PSR3).
- application d'un nouveau revêtement sur l'enveloppe extérieure en béton du bâtiment du réacteur (PSR3) ;
- remplacement des générateurs de vapeur de CND-2 et CND-1, respectivement, ce qui a permis d'améliorer l'intégrité du circuit du réacteur (2004 et 2009) ;
- extension du refroidissement par air des diesels de sécurité, et possibilité de submerger la cavité du réacteur en cas de fusion nucléaire ;
- remplacement des diesels de sécurité pour répondre aux exigences de qualification très évoluées de ces équipements de sécurité ; la logique de pilotage est également profondément modifiée, passant d'une logique croisée complexe à une logique mono-train : chaque diesel alimente sa propre polarité électrique, comme dans les unités plus modernes ;

- dans la salle des machines, les condenseurs ont été remplacés par des condenseurs en titane et plusieurs échangeurs de chaleur ont également été remplacés.

1.5.2 Changements liés au projet

L'exploitant investit continuellement dans la sûreté de ses installations nucléaires en améliorant la conception et la gestion du vieillissement⁸ des structures, systèmes et composants (SSC), en mettant l'accent sur la gestion des connaissances et l'intégration du retour d'information interne et externe.

Le projet a été évalué dans le cadre du quatrième examen périodique de la sécurité (PSR) des centrales, les éléments suivants ayant été analysés plus spécifiquement :

- gestion du vieillissement ;
- réévaluation et amélioration de la conception ;
- réglementations et références pertinentes ;
- fiabilité des installations et facteurs humains et organisationnels.

Le quatrième examen périodique de la sécurité (PSR) comprend un programme *Long Term Operation* (LTO).

En outre, la Commission européenne a pris l'initiative d'organiser des tests de résistance après l'accident de Fukushima en mars 2011. Le 28 octobre 2011, Electrabel a remis à l'AFCN le rapport sur les tests de résistance réalisés en Belgique (« *Belgian Stress Tests* », BEST) [Electrabel, 2011]. A la demande de l'AFCN, les actions mentionnées dans ce rapport concernant les activités à long terme ont également été intégrées au projet.

Le projet a démontré que les processus de vieillissement et leurs conséquences potentielles sont maîtrisés.

L'AFCN a approuvé le plan d'amélioration de la sécurité proposé par l'exploitant [Electrabel, 2015b] pour prolonger de dix ans, jusqu'en 2025, l'exploitation de CND-1 et CND-2. Les améliorations techniques proposées visent à réduire l'écart avec le niveau de sûreté de conception des centrales nucléaires PWR les plus récentes et à garantir un niveau élevé de fiabilité et de disponibilité des installations [AFCN, 2009], [AFCN, 2011]. Les investissements approuvés par l'AFCN et Bel V (correspondant aux améliorations de conception convenues ou « *Agreed Design Upgrade* », compte tenu des recommandations du Conseil scientifique et des commentaires de l'AFCN et Bel V) ont fait l'objet d'études détaillées avant leur mise en œuvre.

⁸ Le vieillissement physique ou matériel est le vieillissement des structures, systèmes et composants (SSC) dû à des processus physiques, chimiques ou biologiques. L'usure, les dommages causés par la chaleur, les dommages causés par le rayonnement et la corrosion sont quelques exemples de vieillissement physique. Le vieillissement non physique, ou obsolescence technologique, concerne le processus de péremption ou d'obsolescence résultant de l'évolution des connaissances et des technologies, ainsi que des changements qu'elles entraînent dans les codes et les normes.

Le plan d'action intégré et les travaux à réaliser dans le cadre du projet sont décrits dans le rapport de synthèse à long terme - Doel 1 et Doel 2 avril 2015 - Version O [Electrabel, 2015b].

Annuellement, après chaque révision et sans exception, l'exploitant fait également état de l'avancement des modifications effectuées sur la base du rapport de synthèse.

1.6 Le projet

1.6.1 Description du projet

Electrabel souhaite poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires CND-1 et CND-2 après 2015. A cette fin, Electrabel a lancé le projet (*Long Term Operation, LTO*). Ce projet a permis de déterminer si Electrabel est prête, sur le plan technique et organisationnel, à poursuivre l'exploitation de CND-1 et CND-2 en toute sécurité au-delà de 2015, et ce pour une période de dix ans. Un certain nombre d'améliorations techniques ont été formulées.

La définition des modifications à apporter aux installations fait suite à un long processus d'études, basé sur les exigences nationales et internationales en matière de sûreté nucléaire, visant à améliorer le niveau de sûreté pour le rapprocher le plus possible de celui des installations les plus récentes.

Le processus d'identification des modifications des installations est le suivant [Electrabel, 2012] :

- analyse de la conception, en particulier sur la base de :
 - autorisation nucléaire de l'unité ;
 - supervision (normes de l'International Atomic Energy Agency (IAEA), de l'USNRC (United States Nuclear Regulatory Commission), etc.) ;
 - niveaux de référence de la WENRA (Western European Nuclear Regulators Association) ;
 - exercices de comparaison au niveau national (avec les unités les plus récentes) et international (centrales à l'étranger), ainsi qu'avec les développements conceptuels récents ;
 - examen des PSR précédents ;
 - données sur l'expérience opérationnelle ;
 - documentation de la conception de base ;
- création d'une *long list of concerns* à partir de différentes sources d'information (cf. ci-dessus) ;
- élaboration d'une *short list of Main Safety Issues* (MSI) sur la base d'analyses de risques (qui ont le plus d'impact sur la sécurité nucléaire : éviter les dommages nucléaires) ;
- recherche de la meilleure solution technique pour résoudre les MSI en comparant différentes alternatives.

La définition des modifications proposées est donc le résultat d'un long processus d'étude et de sélection parmi les alternatives possibles, en vue d'améliorer la sûreté nucléaire. En améliorant la sûreté nucléaire, on réduit le risque de dommages nucléaires et le risque de rejet ayant un impact sur l'environnement. Le choix final fait l'objet du rapport LTO [Electrabel, 2012].

La définition des modifications est basée sur une analyse par l'autorité de sûreté belge des changements proposés. Cette analyse vise à garantir le plus haut niveau de sécurité possible, en tenant compte de la faisabilité technique et économique. Cette priorité en matière de sûreté nucléaire présente des avantages environnementaux, dans la mesure où les rejets radioactifs, par exemple, sont réduits au minimum et les risques d'accident et leurs conséquences sont réduits au maximum (principe ALARA - *As Low As Reasonably Achievable*).

Le rapport LTO [Electrabel, 2012] montre que les processus de vieillissement et leurs éventuelles conséquences sont maîtrisés. Il est garanti que les systèmes, les structures et les composants continueront à fonctionner comme prévu pendant la période d'exploitation prolongée. Le niveau de sûreté des centrales a également été porté au niveau le plus élevé possible.

Le projet LTO est entièrement conforme aux références internationales. En outre, la conception des installations est améliorée en la réévaluant et en la comparant à celle d'installations plus récentes et de conception récente. En outre, les facteurs humains et organisationnels de l'exploitation des centrales nucléaires (compétence, connaissance et comportement) sont traités séparément.

Les principales améliorations sont [Electrabel, 2012] :

- une nouvelle station de pompage sismique FE sera construite, avec des lignes d'alimentation sismiques vers les locaux contenant les systèmes de sécurité requis après un tremblement de terre. CND-1 et CND-2 seront ainsi mieux protégées contre les incendies dus à un tremblement de terre. Cette amélioration de la conception augmentera également l'efficacité de l'extinction automatique des incendies dans la salle des machines et fournira une alimentation sismique supplémentaire aux générateurs de vapeur ;
- les caves équipées de harnais de sécurité seront en outre protégées contre les inondations. De nouvelles pompes submersibles seront également placées sur la prise d'eau pour remplir les tours de refroidissement RW (afin de garantir une source de froid ultime) ;
- les systèmes de secours (GNS) seront rendus plus fiables et automatiques et leurs câbles seront mieux séparés physiquement de ceux qui ont une fonction de sécurité de premier niveau ;
- un système *Filtered Containment Vent* (FCV) sera installé pour protéger l'enceinte de confinement contre les surpressions en cas d'accident de fusion nucléaire, évitant ainsi des conséquences radiologiques inacceptables pour l'environnement.

1.6.2 Alternatives au projet

L'alternative possible est l'option zéro (paragraphe 1.7.3), c'est-à-dire l'absence de LTO. Dans ce cas, les unités cessent de produire de l'électricité après 40 ans d'exploitation, à la date légale prévue par la loi du 31 janvier 2003 [SPF, 2003] :

- le 14 février 2015 pour CND-1 ;
- le 30 novembre 2015 pour CND-2.

Les différentes options de fourniture d'électricité pour compenser la perte de production sont nombreuses et dépendent des décisions politiques et du marché, notamment sur la base de considérations techniques et

économiques. Celles-ci ne seront pas étudiées dans la présente EIE ; elles seront envisagées dans l'EIE stratégique.

1.6.3 Nouvelles autorisations ou modifications d'autorisations existantes dans le cadre du projet

La CND a délivré plusieurs autorisations dans le cadre du projet. Ces autorisations sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1-8 Aperçu des autorisations de CND-1 et CND-2 accordées dans le cadre du projet

Date	Autorité	Référence	Validité	Objet
21/02/2014	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/M/4/C W 10010674488	31/03/2031	Notification d'une modification mineure à l'établissement (K1) en raison de la LTO
12/02/ 2015	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/W/6/L DR/FV 10010529979	31/03/2031	Demande de modification des conditions du permis d'environnement K1
12/03/2015	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/M/2/F V 10010529973	31/03/2031	Notification d'une modification mineure à l'établissement (K1)
27/09/2015	SPF Affaires intérieures	AFCN ANPP-0011847 10010655894	-	AR modifiant les conditions d'autorisation D1 et D2 dans le cadre de la LTO
1/03/2016	Députation permanente Flandre orientale	M03/46003/46/2/M/3/F V 10010598533	31/03/2031	Notification d'une modification mineure à l'établissement (K1)
27/12/2016	Gem Beveren	B 2016/579 B 2016/580	/ (durée illimitée)	Filtered Containment Vent installé pour protéger l'enceinte de confinement contre la surpression en cas d'accident de fusion
06/03/2017	Gem Beveren	B 2016/611	/	Nouveau circuit d'incendie sismique (FE) - Station de pompage avec un plus grand réservoir d'eau d'incendie et travaux environnementaux associés
15/05/2018	Gouvernement flamand	OMV/2017009795 10010798142	31/03/2031	Arrêté ministériel mettant à jour les conditions particulières relatives au NO2
7/02/2019	Gouvernement flamand	OMV/2018067813 10010826349	31/03/2031	Décision de rectifier les alternateurs et les installations annexes dossier 2018122825
24/05/2019	Département environnement	BE-VL00000797	31/03/2031	Notification de l'examen du permis d'environnement en relation avec les MTD pour une grande installation de combustion

Date	Autorité	Référence	Validité	Objet
18/06/2019	Gouvernement flamand	OMV2019028682 Réalignement de la route, remblai et construction d'un bassin d'orage	/	Caves équipées de harnais de sécurité également protégées contre les inondations

1.7 Description des scénarios

Deux scénarios sont envisagés dans l'EIE. Le premier scénario (poursuite ou réalisation du projet LTO) implique la mise en œuvre du projet et donc la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 jusqu'en 2025, tandis que les autres installations restent en exploitation jusqu'à leur date de fermeture prévue, Tableau 1-9.

Tableau 1-9 Scénarios étudiés dans le cadre de l'EIE

Nom du scénario	Date de la mise à l'arrêt		Remarque
	CND-1&2	CND-3&4	
Projet	2025	2022/2025	L'autorisation de CND-3 est valable jusqu'en 2022. L'autorisation de CND-4 est valable jusqu'au milieu de l'année 2025. Les MAD de CND-3 et CND-4 n'entrent pas dans le champ d'application de la présente EIE. ⁹
Option zéro	2015	2022/2025	

Le deuxième scénario (option zéro) suppose l'absence de projet (sortie), soit que CND-1 et CND-2 sont mises à l'arrêt, tandis que les autres installations du site restent opérationnelles. Cette option zéro est expliquée plus en détail à la deuxième section.

La variable entre les scénarios est uniquement la date de mise à l'arrêt de CND-1 et CND-2. Toutes les autres installations nucléaires, non seulement CND-3 et CND-4, mais aussi le WAB et le SCG, continuent de fonctionner pendant la période considérée.

Comme indiqué également au paragraphe 1.1.3, l'arrêt de la production d'électricité est suivi de la mise à l'arrêt définitif, qui précède le démantèlement. Le démantèlement est soumis à une procédure d'autorisation spécifique, qui comprend une évaluation des incidences environnementales. Comme il s'agit d'une procédure propre, le démantèlement de CND-1 et CND-2 ne fait pas partie de la présente EIE.

1.7.1 Situation de départ

La situation de départ est définie comme la période 2012-2014. La mise en œuvre des travaux liés au projet a commencé en 2015. Par conséquent, 2014 est la dernière année caractérisée par une situation sans influence du projet. Toutefois, dans le cadre de l'exploitation normale (y compris les transports

⁹ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, cf. paragraphe 1.1.3

d'évacuation de déchets radioactifs et d'éléments combustibles usés), des fluctuations de la production d'électricité se produisent. Il y a donc également des fluctuations dans les rejets et l'impact de la centrale nucléaire sur l'environnement. Pour avoir une meilleure idée de la situation moyenne, on a pris en compte non seulement l'année 2014, mais aussi au moins les deux années précédentes, à savoir 2012 et 2013.

Les incidences de la CND dans la situation de départ ont été déterminées en examinant quelles étaient les incidences mesurées et rapportées de 2012 à 2014. Dans la mesure du possible, les données ont été ventilées entre la contribution de CND-1 et CND-2 et la contribution combinée de toutes les unités. Cela donne un aperçu de la contribution de CND-1- et CND-2 à la situation de départ. Dans la mesure du possible, une incidence moyenne a été déterminée pour la situation de départ, à la fois pour CND-1 et CND-2 ensemble et pour l'ensemble des unités. Ces moyennes ont ensuite été utilisées pour déterminer les incidences lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025), ainsi que dans l'option zéro.

1.7.2 Projet (scénario LTO)

Le projet est divisé en deux phases : la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 et la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025).

1.7.2.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Le rapport de synthèse LTO contient le plan d'action intégré visant à exploiter CND-1 et CND-2 pendant dix ans de plus que ce qui était prévu dans la loi de 2003 sur la sortie du nucléaire. Ce plan d'action a été soumis à l'AFCN pour examen [Electrabel, 2015b]. L'AFCN, en collaboration avec Bel V, a analysé ce plan et cette analyse montre que le projet est réalisable et que la sécurité de CND-1 et CND-2 reste démontrée pendant la période de *Long Term Operation* [AFCN, 2015]. La majeure partie des travaux réalisés pour rapprocher le plus possible le niveau de sécurité des unités de celui des installations les plus récentes sont réalisés au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre du projet. Pour la description des travaux, il est fait références aux paragraphes 1.5.2et 1.6.1.

Au cours de cette phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, CND-1 et CND-2 seront exploitées par Electrabel. Il n'est cependant pas possible de séparer et de quantifier les incidences des travaux et de l'exploitation normale.

1.7.2.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

La grande majorité des travaux réalisés dans le cadre du projet ont été achevés en 2018. 2019 est la première année après le début du projet où on peut parler d'une « exploitation normale », c'est-à-dire sans travaux LTO¹⁰. Cette phase du projet est définie comme la période 2019-2025 et est désignée dans la présente EIE comme la « phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) ». Après la

¹⁰ Les derniers travaux LTO ont été achevés pendant l'arrêt de maintenance de 2019 (qui a duré jusqu'au début de 2020). Étant donné que tous les déchets radioactifs de la phase de construction n'ont pas été traités et que cela aura une incidence sur les totaux pour les années après 2018, la présente EIE suppose qu'aucun travail LTO ne sera effectué à partir de 2019.

phase d'exploitation, CND-1 et CND-2 seront arrêtées et la mise à l'arrêt définitif commencera, suivie du démantèlement.

1.7.3 Option zéro

Comme indiqué précédemment, l'option zéro est le scénario qui suppose que l'exploitation de CND-1 et de CND-2 a cessé en 2015 et que la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et de CND-2 commence. Dans la présente EIE, le calendrier suivant est utilisé pour la mise à l'arrêt définitif (MAD) :

- la phase 1 de la MAD a lieu en 2015 ;
- la phase 2 de la MAD a lieu consécutivement en 2015 ;
- la phase 3 de la MAD se déroule de 2016 à 2018 ;
- la phase 4 de la MAD a lieu en 2019.

Il convient de noter que la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 aura lieu dans les deux scénarios, mais que dans le scénario du projet, elle se produira 10 ans plus tard que dans l'option zéro. Il est probable que la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 sera menée de manière similaire dans les deux scénarios, de sorte que les incidences environnementales ne devraient pas différer entre les deux scénarios.

Références

RGPRI	Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre les dangers des rayonnements ionisants (RGPRI), État belge, 2001, Bruxelles.
Electrabel, 2011	Kerncentrale Doel Rapport Weerstandstesten – Bijkomende veiligheidsvoorziening van de installaties, Electrabel, oktober 2011, Brussel, België
Electrabel, 2012	Long Term Operation Technisch Rapport Doel 1&2, versie 2.0, Electrabel, Juni 2012, Brussel, België.
Electrabel, 2013	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2013, Electrabel, 2013, Doel, België
Electrabel, 2014	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2014, Electrabel, 2014, Doel, België
Electrabel, 2015a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2015, Electrabel, 2015, Doel, België
Electrabel, 2015b	Verantwoord veilig verder uitbaten 2015 – 2025, Long Term Operation, Syntheserapport – Doel 1 en Doel 2, april 2015 – versie 0, Brussel, België.
Electrabel, 2016	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2016, Electrabel, 2016, Doel, België

Electrabel, 2017	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2017, Electrabel, 2017, Doel, België
Electrabel, 2018	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2018, Electrabel, 2018, Doel, België
Electrabel, 2019	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2019, Electrabel, 2019, Doel, België
Electrabel, 2020	Communicatie met specialist t.b.v. Definitieve Stopzetting, nov. 2020.
AFCN, 2009	Strategienota “Long term operation van Belgische Kerncentrales: Doel 1/2 en Tihange 1”, Nota nr. 008-194, herz.2, FANC, september 2009
AFCN, 2011	Tests de résistance belges - Rapport national pour les centrales nucléaires, AFCN, décembre 2011 / Belgische weerstandstesten – Nationaal rapport voor de kerncentrales, FANC, december 2011
AFCN, 2015	Long Term Operation Doel 1 & 2 – Finale Evaluatie Actieplan, 2015-08-18-MVDH-5-4-8-NL, FANC, augustus 2015, Brussel, België.
AFCN, 2019	Goedkeuring deskundigen bevoegd voor het uitvoeren van een MER – MER-0053526, 2019-10-28-FVW-5-1-2-NL, FANC, 3-10-2019
SPF, 2003	Loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l’énergie nucléaire à des fins de production industrielle d’électricité, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie
SPF, 2015	Loi du 28 juin 2015 modifiant la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l’énergie nucléaire à des fins de production industrielle d’électricité afin de garantir la sécurité d’approvisionnement sur le plan énergétique, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et énergie.

Liste des tableaux

Tableau 1- 1	Coordinateurs et experts en aspects environnementaux non radiologiques	14
Tableau 1-2	Autorisation de base pour l’exploitation de CND-1 et CND-2	16
Tableau 1-3	Aperçu des autorisations d’exploitation de CND-1 et CND-2 en vertu du RGPRI	16
Tableau 1-4	Aperçu des autorisations environnementales de CND-1 et CND-2	18
Tableau 1- 5	Production nette d’électricité à la centrale nucléaire de Doel, en GWh.....	22
Tableau 1 -6	Légende	24

Tableau 1-7	Aperçu des autorisations de CND-1 et CND-2 accordées dans le cadre du projet.	39
Tableau 1-8	Scénarios étudiés dans le cadre de l’EIE	40

Liste des figures

Figure 1-1	Phases du projet.....	7
Figure 1-2	Cycle de vie d’une centrale nucléaire.....	8
Figure 1-3	Représentation schématique des 4 phases de la mise à l’arrêt définitif.....	9
Figure 1-4	Organisation du projet.....	13
Figure 1-5	Schéma d’une centrale nucléaire.....	19
Figure 1-6	Élément combustible	20
Figure 1-7	Localisation (en rouge) du site de production de la CND	23
Figure 1-8	Environnement du site de production de la CND (CND encadrée en noir).....	24
Figure 1-9	Valeurs naturelles à proximité du site de CND et son environnement plus large (CND indiquée en rouge)	26
Figure 1-10	Plan cadastral.....	27
Figure 1-11	Plan d’aménagement du site de Doel	28

2 Aspects non radiologiques

Ce chapitre décrit les incidences environnementales non radiologiques résultant du projet. Les disciplines suivantes sont traitées dans l'EIE : Sol ; Eau ; Nuisances sonores et vibrations ; Air et climat ; Biodiversité ; Paysage, patrimoine architectural et archéologie ; Homme – Mobilité ; Homme – Santé et Déchets. La méthodologie et la situation de départ sont décrites pour chaque discipline.

La situation de départ dans la présente EIE est la période 2013-2014. Dans l'évaluation des incidences, une distinction est établie entre les phases ci-dessous.

- Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 (+ travaux dans le cadre de la LTO) : cette situation est comparée à la situation sans exploitation de la CND.
- Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : les incidences de la LTO de CND-1 et CND-2 sont comparées à la situation de départ.
- Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029) : les incidences de la MAD de CND-1 et CND-2 sont comparées à la situation de départ.
- Option zéro (situation sans LTO, selon laquelle Doel 1 et 2 sont mises à l'arrêt en 2015) : l'évaluation des incidences de l'option zéro ne diffère pas significativement de celles du projet. Dans l'option zéro, les incidences diminueront déjà à partir de 2015, au lieu de 2025.

Les incidences des activités industrielles et portuaires existantes autour du site de la CND font partie de la situation de référence. Leur impact, tel que décrit dans l'EIE du projet pour chacune de ces entreprises, fait partie de la qualité environnementale existante (notamment le climat acoustique, la qualité de l'air, la qualité de l'eau, le sol et la mobilité).

Le tableau ci-dessous donne un aperçu d'un certain nombre d'évolutions autonomes et contrôlées (dans le domaine d'étude ou dans ses environs). Le tableau indique si ces développements peuvent avoir une influence sur l'analyse et l'évaluation des incidences de la LTO. On peut, par exemple, augmenter l'ampleur des incidences, par exemple parce que la vulnérabilité de l'environnement a augmenté ou parce que ces projets provoquent leurs propres incidences qui se cumulent à celles de la LTO.

Tableau 2-1 : Aperçu des développements susceptibles d'influencer l'analyse et l'évaluation des incidences

Projet	Description	Pertinence
Project complexe capacité supplémentaire de conteneurs à Anvers (CP ECA)	Ce projet prévoit la construction d'un nouveau dock à marée dans le port d'Anvers, à l'est du village de Doel, en lien avec le dock Deurganck existant. De grands porte-conteneurs (jusqu'à 400 m de long) s'amarreront dans ce dock. Les conteneurs seront transportés, chargés et déchargés et/ou stockés temporairement sur les quais à	La discipline Homme – Mobilité (paragraphe 1.8) évalue si des incidences cumulatives peuvent se produire à la suite du projet.

Projet	Description	Pertinence
	conteneurs. À côté du quai à conteneurs, une nouvelle zone logistique sera aménagée, où pourront par exemple avoir lieu des activités dans le domaine de la logistique à valeur ajoutée.	
Village de Doel	Un projet distinct est en cours pour le village de Doel, qui ne doit pas disparaître au profit du CP ECA, et pour la zone tampon le long du nouveau dock. Le 17 mai 2019, un ordre a été donné d'élaborer une perspective d'avenir pour Doel, ainsi que pour les problèmes de mobilité dans l'ensemble de la zone Waasland, dans le contexte de la décision préférentielle sur l'ECA. Cette étude ne fait pas partie du CP ECA, mais les deux sont menées en étroite coordination. La décision préférentielle sur l'ECA étant actuellement contestée au Conseil d'État, l'étude sur l'avenir de Doel a été temporairement interrompue.	La discipline Homme – Santé et sécurité (paragraphe 1.7) suppose que Doel est actuellement (selon le plan d'affectation) une zone résidentielle, que des habitations sont présentes et resteront présentes à l'avenir.
INEOS 'Project ONE'	De l'autre côté de l'Escaut, entre la Scheldelaan et le Kanaaldock B2, INEOS prévoit « Project ONE », un craqueur d'éthane, où le gaz éthane sera transformé en éthylène. L'autorisation pour le déboisement nécessaire et l'installation sera demandée en 2021. En raison de son ampleur et de sa complexité, la réalisation du projet se fera en plusieurs phases sur une période de 4 à 5 ans. Par conséquent, il n'y a pas de véritable chevauchement entre l'exploitation de ce projet et le plan actuel visant à prolonger de 10 ans l'exploitation de Doel 1 et 2.	Aucune incidence cumulative n'est attendue à la suite de ce projet.
Développement naturel	Dans le cadre de développement du port d'Anvers et du plan Sigma, des projets de développement naturel sont prévus et mis en œuvre à proximité immédiate de la CND. Ces projets entraîneront une augmentation des valeurs naturelles	La discipline Biodiversité (paragraphe 1.5) étudie les incidences cumulatives du plan Sigma, du Doelpolder Noord, du Hedwig- en Prosperpolder et de la zone GGG Doelpolder.

Projet	Description	Pertinence
	et donc de la vulnérabilité potentielle de l'environnement.	
Réalisation des différentes phases définies dans la loi sur la sortie du nucléaire	Le réacteur nucléaire de Doel 3 cessera de produire de l'électricité le 1 ^{er} octobre 2022. Doel 4 sera mise à l'arrêt le 1 ^{er} juillet 2025.	La LTO de Doel 1 et 2 n'a en soi aucune influence sur les autres étapes prévues dans la loi sur la sortie du nucléaire. La mise à l'arrêt de Doel 3 et 4 n'est pas prise en considération dans cette EIE. Lorsque Doel 3 et 4 seront arrêtées, l'incidence cumulative de la CND sera plus faible. Par conséquent, aucune incidence plus importante que celles déjà décrites dans l'EIE n'est attendue.

2.1 Sol

Annexe A – Carte 5 : Carte du sol

Annexe A – Carte 6 : Modèle numérique d'élévation

Annexe A – Carte 8 : Études et assainissements du sol

2.1.1 Méthodologie

2.1.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le terme « sol » englobe la partie solide de la terre, y compris les nappes phréatiques et les autres constituants et organismes qui y sont contenus. Le domaine d'étude de la discipline Sol dans le sens horizontal va au-delà des limites de la CND, principalement en raison de l'influence potentielle des précipitations de sel provenant des panaches de vapeur des tours de refroidissement sur le sol. Le domaine d'étude est délimité par un contour de 2 km autour de la CND. Au sens vertical, le domaine d'étude est limité à la base de la formation de Boom, qui se situe à une profondeur d'environ 50 mètres sous le niveau du sol.

2.1.1.2 Description de la situation de départ

Lors de l'analyse de la situation de départ, une description est faite des éléments suivants :

- topographie du domaine d'étude : pour ce faire, on utilise des données bibliographiques, la carte topographique et le modèle numérique d'élévation ;
- caractéristiques pédologiques dans le domaine d'étude : traitées sur la base de la carte du sol de Belgique ;

- aptitude (hydro)géologique du domaine d'étude : pour ce faire, on utilise la base de données du sous-sol de la Flandre (DOV – Databank Ondergrond Vlaanderen) ;
- paramètres hydrauliques : les paramètres hydrauliques de base sont, entre autres, la conductivité hydraulique, le niveau de la nappe phréatique ou hauteur d'ascension, la vulnérabilité des eaux souterraines, le sens d'écoulement des eaux souterraines. Ces données sont examinées sur la base de la base de données DOV ;
- captages d'eau souterraine : la présence de captages d'eau est examinée sur la base d'informations issues de la base de données DOV, la présence d'une zone de protection des captages d'eau est examinée sur la base de cartes disponibles sur Geopunt ;
- qualité du sol et des eaux souterraines : l'analyse s'appuie sur les études de sol réalisées selon la base de données de l'Agence publique des déchets en Flandre (OVAM). Seules les études de sol réalisées sur le site de la CND sont prises en compte ;
- utilisation du sol dans le domaine d'étude : l'analyse s'appuie sur une visite de terrain et sur du matériel photographique.

2.1.1.3 Description et évaluation des incidences

Les travaux qui ont lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO peuvent entraîner une détérioration de la structure du sol et du profil du sol. Aucun assèchement n'aura lieu pendant les travaux. On ne s'attend donc pas à des changements dans le régime d'humidité du sol, à l'attraction de panaches de pollution mobiles et à des tassements de sol dus à un abaissement temporaire du niveau des eaux souterraines. Il existe un risque de pollution du sol ou des eaux souterraines durant les différentes phases du projet. Des modifications de l'aptitude du sol peuvent apparaître au-delà des limites de la CND en raison du dépôt de sel provenant du panache de vapeur des tours de refroidissement.

Les incidences potentielles pour la discipline Sol durant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 seront décrites comme suit :

- modification de la structure : description qualitative et désignation des zones où le compactage du sol peut se produire ;
- modification du profil : description qualitative de la profondeur à laquelle se produisent les modifications dues aux travaux d'excavation ;
- altération de l'hygiène du sol : estimation qualitative du risque de (propagation de la) pollution.

Les incidences potentielles pendant la situation future (période 2019-2025) seront décrites comme suit :

- altération de l'hygiène du sol : estimation qualitative du risque de (propagation de la) pollution ;
- modification de l'utilisation du sol et de l'aptitude du sol : estimation qualitative des incidences des précipitations de sel provenant des panaches de vapeur des tours de refroidissement.

En outre, les incidences susceptibles de se produire durant la mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029) et pendant l'option zéro seront également décrites. Cette description est qualitative.

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour :

- la modification du profil et de la structure :
 - considérablement négative : perturbation de sols de grande valeur,

- négative : perturbation de sols en utilisation naturelle/en utilisation agricole ou perturbation de sols sensibles,
- négativement limitée : perturbation des sols (récemment) perturbés ou perturbation des sols peu sensibles,
- négligeable : perturbation des sols durcis ou non sensibles,
- positivement limitée : rétablissement (restructuration) en une utilisation agricole,
- positive : rétablissement (restructuration) en une utilisation naturelle du sol,
- considérablement positive : le manuel d'orientation indique que des incidences considérablement positives ne sont pas attribuées dans le cadre ci-dessus, étant donné que la formation des sols est un processus très long ;
- l'altération de l'hygiène du sol :
 - considérablement négative : le projet entraîne une détérioration de la qualité du sol avec des risques sanitaires ou écotoxicologiques (potentiels),
 - négative : le projet entraîne une détérioration de la qualité du sol, avec un (potentiel) dépassement des normes d'assainissement,
 - négativement limitée : le projet entraîne une détérioration de la qualité du sol, sans apparition de risques sanitaires ou écotoxicologiques et sans dépassement des normes d'assainissement,
 - négligeable : le projet n'entraîne pas de modification de la qualité du sol,
 - positivement limitée : la qualité du sol s'améliore après la réalisation. La pollution existante qui ne présente pas de risque reste présente,
 - positive : la qualité du sol s'améliore après la réalisation. La pollution existante qui ne présente pas de risques sanitaires ou écotoxicologiques est assainie,
 - considérablement positive : la qualité du sol s'améliore après la réalisation. La pollution existante entraînant un risque humain ou écotoxicologique est assainie ;
- la modification de l'utilisation et de l'aptitude du sol :
 - considérablement négative : l'utilisation actuelle du sol est très fortement gênée et/ou disparaît presque complètement du domaine d'étude en raison de modifications dans l'aptitude du sol,
 - négative : l'utilisation actuelle du sol rencontre des nuisances modérées et disparaît sur des parties du domaine d'étude en raison de modifications dans l'aptitude du sol,
 - négativement limitée : l'utilisation actuelle du sol est gênée par des modifications dans l'aptitude du sol, mais seulement dans une mesure limitée,
 - négligeable : il ne faut s'attendre à aucune modification dans l'aptitude du sol pour l'utilisation actuelle du sol,
 - positivement limitée : les possibilités d'utilisation du sol s'améliorent en raison de modifications dans l'aptitude du sol, mais seulement dans une mesure limitée,
 - positive : les possibilités d'utilisation du sol connaissent une incidence clairement positive et peuvent s'améliorer, mais l'expansion spatiale reste limitée,
 - considérablement positive : les possibilités d'utilisation du sol peuvent s'améliorer sensiblement dans de grandes parties du domaine d'étude.

2.1.2 Situation de départ

2.1.2.1 Topographie

Le vaste environnement du site de la CND ne présente pratiquement aucun relief. Localement, la topographie de l'environnement est perturbée par l'aménagement des zones industrielles, mais les sites industriels entre l'Escaut et les docks du canal sont plutôt plats. La Figure 2-1 montre clairement le plateau surélevé sur lequel se trouve la CND. Le site a été porté à environ + 9,00 m par rapport au niveau de référence DNG (deuxième nivellement général) par la projection de sable de l'Escaut, soit environ 6 mètres plus haut que les polders environnants.

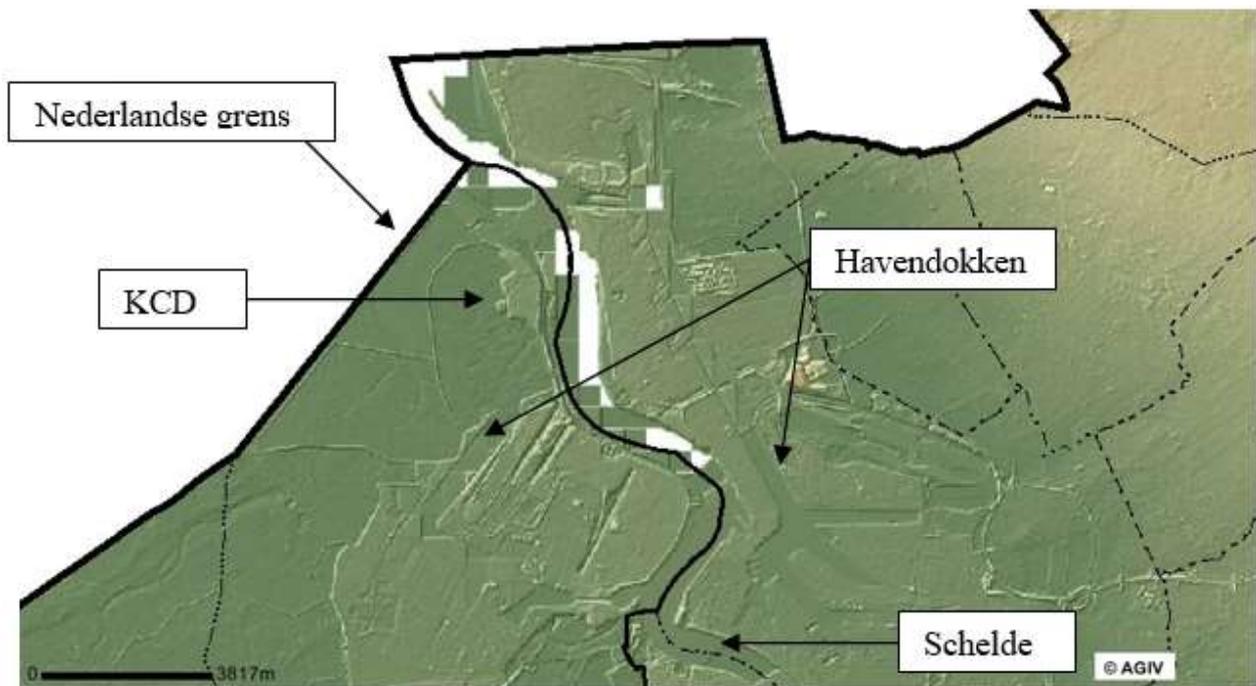


Figure 2-1 Topographie à hauteur du domaine d'étude

Les sites sur lesquels se situe la CND ont été surélevés en plusieurs phases entre les années 60 et 90, au moyen de boues de dragage de l'Escaut, sur les sols de polders de l'époque.

Les données disponibles ne permettent pas de vérifier de quelle zone de l'Escaut provenaient les boues de dragage pour les différentes phases. Au vu des différentes périodes de surélévation, on suppose en revanche que la composition des boues de dragage varie.

Pour pouvoir surélever les sites, les boues de dragage ont été déposées entre les digues. Pour ce faire, les digues existantes ont été utilisées d'une part, et de nouvelles digues ont été construites d'autre part. Ces digues ne sont pas entièrement impénétrables, afin de pouvoir garantir le drainage des sites. Ces digues ont été dotées d'un talus étanche à hauteur des étangs (à l'ouest).

La crête de la digue de protection du site se situe à environ + 12,00 m DNG (digue entre le site et l'Escaut). La crête de la partie restante de la digue du site se situe à + 11,00 m DNG (digue entre le site et les polders environnants). Dans le cadre du plan Sigma, les digues de l'Escaut maritime, depuis la

frontière néerlandaise jusqu'à Oosterweel (juste en aval d'Anvers), ont été relevées jusqu'à + 11,00 m DNG.



Figure 2-2 Profil de hauteur à hauteur de la CND

2.1.2.2 Pédologie

La carte du sol de Belgique fournit des informations sur le profil original du sol, jusqu'à une profondeur de 1,25 mètre sous le niveau du sol. D'après la carte du sol de Belgique, des sols légèrement limoneux modérément humides à humides, voire des sols argileux (lourds) sans développement de profil, se trouvaient à l'origine dans le domaine d'étude (principalement des types de sols Pep, Eep, Uep, Udp).

- Classe texturale : limon sableux léger (P), argile (E) à argile lourde (U)
- Classe de drainage : modérément humides, modérément gleyifiés (d) à humides, fortement gleyifiés à horizon réduit (e)
- Développement de profil : pas de développement de profil (p)

Les sites sur lesquels se situe la CND ont été surélevés en plusieurs phases entre les années 60 et 90, au moyen de boues de dragage de l'Escaut, sur les sols de polders de l'époque. Le sol anthropogène nouvellement créé, sans structure de profil, se compose principalement de sable tertiaire, mais aussi de sédiments argileux jusqu'à une profondeur de 5 à 6 m sous le niveau du sol actuel. La nature du matériau est assez variable. La plupart du temps, les remblais sont constitués de sables hétérogènes, fins à moyennement fins, peu glauconifères et dans lesquels peuvent se trouver des couches de limon.

2.1.2.3 (Hydro)géologie

Le site de la CND a été surélevé et se situe en moyenne 5 à 6 mètres plus haut que les sites alentour. Les sols remblayés sont d'origine anthropogène et présentent une composition majoritairement sablonneuse. Les sables pulvérisés présentent une grande perméabilité.

À 5 à 6 mètres sous le niveau du sol sous les remblais artificiels se trouvent les dépôts holocènes non perturbés, qui se sont formés comme des dépôts alluviaux de l'Escaut. Ils sont en grande partie composés de limon sableux et d'argile, dans lesquels on trouve localement des couches intermédiaires sableuses,

limoneuses et tourbeuses. L'épaisseur de ces dépôts alluviaux est d'environ 3 m. Les dépôts alluviaux sont peu à très peu perméables.

Sous les dépôts holocènes se trouvent des dépôts sablonneux pléistocènes d'origine nivéo-éolienne ou nivéo-fluviatile. Ce complexe sablonneux glauconifère se compose essentiellement de sables dans lesquels on trouve également des zones contenant du limon et de l'argile et des couches intermédiaires limoneuses à tourbeuses. L'épaisseur de ces sables pléistocènes est d'environ 12 m.

Sous les dépôts pléistocènes se trouvent les formations de Lillo, Kattendijk et Berchem, qui sont également sablonneuses de nature. L'épaisseur de ces dépôts est d'environ 30 mètres.

La formation de Lillo se compose de sable coquillier, qui peut aussi être limoneux au début. Plus on s'approche du sommet du dépôt, plus la teneur en limon et/ou en coquillages diminue pour disparaître complètement au sommet. L'épaisseur de ces dépôts est d'environ 12 m. Vient ensuite la formation de Kattendijk, constituée de sable glauconifère. À la base des dépôts, on peut trouver des couches contenant des traces de fossiles et/ou de phosphates. L'épaisseur de cette couche est d'environ 8 m. Des sondages ont révélé la présence d'une couche limoneuse claire. La formation de Kattendijk est suivie par la formation sableuse de Berchem.

Sous ces dépôts sablonneux se trouve la formation de Boom, à une profondeur d'environ 50 mètres sous le niveau du sol. Elle se compose d'argile épaisse considérée comme très peu perméable.

Le Tableau 2-2 présente les couches géologiques successives au niveau du domaine d'étude. Ce tableau présente également les caractéristiques hydrogéologiques des formations géologiques. Les épaisseurs des couches de sol présentées au Tableau 2-2 sont indicatives et peuvent changer localement.

Tableau 2-2 Aperçu de la structure (hydro)géologique à hauteur du domaine d'étude

Profondeur sommet-base (mètres sous le niveau du sol)	Période	Formation	Lithologie	Codage HCOV ¹	Hydrogéologie
0-5	-	Remblai (anthropogène)	Sablonneux	0110 Systèmes aquifères quaternaires - remblais	Perméable à l'eau, peu aquifère
5-8	Quaternaire	Holocène	Limon sableux ou argile	0133 Systèmes aquifères quaternaires - dépôts de polders argileux de Waasland-Anvers	Peu perméable
8-20		Pléistocène	Sable glauconifère	0233 Aquifère pléistocène et pliocène - sommet sablonneux de Lillo	Aquifère

¹ HCOV = codage hydrogéologique du sous-sol de la Flandre (Hydrogeologische codering van de Ondergrond van Vlaanderen)

Profondeur sommet-base (mètres sous le niveau du sol)	Période	Formation	Lithologie	Codage HCOV ¹	Hydrogéologie
20-32	Tertiaire	Formation de Lillo	Sable	0241 Couche argileuse pliocène - partie argileuse de Lillo ou de la transition Lillo-Kattendijk	Aquifère
32-40		Formation de Kattendijk	Sable fin homogène micacé à légèrement glauconifère	0251 Système aquifère miocène - sable de Kattendijk ou couche sableuse inférieure de Lillo	Aquifère
40-50		Formation de Berchem	Sables glauconifères verdâtre foncé et micacés et coquilliers moyennement fins riches en argile	0254 Système aquifère miocène - sables de Berchem ou Voort	Aquifère
50-115		Formation de Boom	Argile	0303/304 Aquitard de Boom – argile de Terhagen/argile de Belsele-Waas	Très peu perméable

2.1.2.4 Paramètres hydrauliques

À l'origine, le complexe de sables de couverture du Quaternaire et des sables du Tertiaire formait un aquifère, recouvert d'une couche supérieure argileuse, des dépôts de polder, et fermé au fond par l'argile de Boom. En surélevant le terrain avec un matériau essentiellement sablonneux perméable, un autre aquifère s'est formé au-dessus de l'aquifère d'origine. Ils sont séparés par les dépôts argileux des polders. Ce premier sol n'a toutefois qu'une capacité aquifère limitée puisque le remblai a été construit entre les digues.

L'écoulement des eaux souterraines sous l'argile des polders est fortement influencé par la présence de l'Escaut (effet de marée). Globalement, cet écoulement d'eaux souterraines est dirigé vers le nord-est, c'est-à-dire en direction de l'Escaut.

Dans la zone portuaire, les sols du Quaternaire sont tous caractérisés par un caractère humide à très humide. Les jauges des eaux souterraines effectuées sur le site ont montré que les eaux souterraines des zones surélevées sont observées à une profondeur variant entre 4 mètres sous le niveau du sol et 6 mètres sous le niveau du sol. Dans les zones qui n'ont pas été surélevées, les eaux souterraines sont observées à une profondeur d'environ 2 mètres sous le niveau du sol. Des situations humides peuvent se produire localement, probablement en raison du sol compacté ou de la qualité hétérogène du remblai, qui rend l'infiltration et le drainage de l'eau de pluie plus difficiles.

Les eaux souterraines de la couche phréatique supérieure à hauteur du site de la CND sont classées comme très vulnérables selon la carte de vulnérabilité des eaux souterraines de la province de Flandre orientale. Cela est dû à l'épaisseur limitée de la zone non saturée, qui est inférieure à 10 m, et au caractère sablonneux et donc perméable/aquifère de la couche de surface. L'absence d'une couche d'épaisseur suffisante pour la protéger adéquatement est un autre facteur. Bien que le premier aquifère soit très vulnérable aux activités polluantes, sa structure géologique est néanmoins favorable pour empêcher la propagation de la pollution en profondeur, en raison des couches d'argile de fond (dépôts de polders) entre le premier et le deuxième aquifère (aquifère tertiaire). Enfin, les eaux souterraines à proximité de l'Escaut sont très salines, ce qui les rend impropres à l'utilisation en tant qu'eau potable, eau de refroidissement ou eau d'alimentation pour les générateurs de vapeur.

Les perméabilités des couches successives sont les suivantes (valeurs approximatives via la DOV) :

- sables pulvérisés : perméabilité hydraulique horizontale d'environ 6 m/jour (dépôt relativement bien perméable) ;
- dépôts de polders : perméabilité verticale d'environ 0,01 m/jour ;
- dépôts tertiaires sablonneux : perméabilité horizontale d'environ 6,9 à 17,2 m/jour.

2.1.2.5 Captages d'eau souterraine

Le domaine d'étude n'est pas situé dans une zone de protection des captages d'eau. Le

Tableau 2-3 énumère les captages d'eau souterraine autorisés présents dans la situation de départ (2013-2014) dans un rayon d'environ 2 km autour du site de la CND sur la rive gauche. Les captages d'eaux souterraines sur la rive droite ne sont pas considérés comme pertinents, compte tenu de la présence de l'Escaut entre les deux.

La CND n'utilise pas les eaux souterraines pour son exploitation.

Tableau 2-3 Aperçu des captages d'eau souterraine autorisés dans la situation de départ à hauteur du domaine d'étude

N° installation	Exploitant	Débit annuel autorisé (m³/a)	Débit journalier autorisé (m³/j)	Date de début délai partiel	Date de fin délai partiel	Aquifère (permis)	Profondeur autorisée (m)	Nombre de puits autorisé	Coordonnées de l'installation	
									X (m Lambert 72)	Y (m Lambert 72)
2019-058463	Hesse-Noord Natie, Deurganskdok zn 9120 Beveren	30000,0		08/01/2009	04/04/2024	0160 - Dépôts pléistocènes		1	141696,0	222315,0
2019-063711	De Bock Robby, Zoetenberm 26 9120 Beveren	2920,0	8,0	03/01/2002	03/01/2022	0400 - Système aquifère oligocène	121,0	1	140200,0	223410,0
2019-063922	Gillis Petrus, Oostlangeweg 9 9120 Beveren	125,0		19/01/1998	19/01/2018	0100 - Systèmes aquifères quaternaires	5,0	2	141698,0	222281,0
2019-064100	Gillis Eric, Zoetenberm 29 9120 Beveren	2939,0	10,0	11/10/2012	10/10/2032	0400 - Système aquifère oligocène	132,0	1	140212,0	223753,0
2019-066843	Van Den Berghe André, Oostlangeweg 1 9120 Beveren	720,0	4,0	14/05/2001	06/12/2013	0100 - Systèmes aquifères quaternaires	2,0	1	140734,0	224957,0

2.1.2.6 Qualité du sol et des eaux souterraines

Dans le cadre du décret relatif au sol, des études de sol périodiques sont effectuées sur le site en raison des activités VLAREBO qui y sont présentes. Des études de sol ont également été réalisées par le passé dans le cadre de transferts de parcelles.

En cas de catastrophe entraînant une pollution du sol, la pollution du sol doit être éliminée dans les plus brefs délais. Une étude de sol descriptive sera ensuite réalisée pour confirmer l'élimination. Si la pollution n'a pas été suffisamment éliminée, on procédera à un assainissement du sol.

Le Tableau 2-4 fournit un aperçu des études de sol effectuées dans le cadre du décret relatif au (/à l'assainissement du) sol au moment de la situation de départ (2010-2014). Le tableau reprend également les études de sol réalisées ultérieurement.

Les résultats des études de sol sont commentés sous le tableau.

Tableau 2-4 Aperçu des études de sol réalisées sur le site de la CND

Date rapport	Type	FAAS	Parcelles examinées
Avril 1996	EO	Becewa ASBL	562/Z – 459/B – 457/B – 471/Z2 – 471/T2 – 471/R2 – 471/P2 – 471/N2 - 471/H3 – 471/H2 – 471/G3 – 471/G2 – 471/F3 – 471/F2 – 471/E3 - 459/B – 449/B
Mai 2000	EO	Becewa ASBL	562/Z - 471/P2 - 471/N2 - 471/H2 - 471/G2 - 471/F2
Mai 2001	ED	Becewa ASBL	562/Z – 471/Z2 – 471/R2 – 471/P2 – 471/N2 – 471/H3 – 471/H2 – 471/G3 - 471 G2 - 471 F3 - 471 F2 - 471 E3
Septembre 2002	EO	Soresma	562/Z – 471/N2 (uniquement la partie sur laquelle se trouvent les stations 150 kV et 380 kV)
Mai 2005	EO	Becewa ASBL	562/Z – 471/P2 – 471/N2
Novembre 2007	ED	ABO SA	471/P2
Novembre 2009	ECOD	Becewa ASBL	562/Z – 471/T2 – 471/R2 – 471/P2 – 471/N2 – 471/H3 – 471/H2 – 471/G3 – 471/G2 – 471/F2
Mai 2010	EO	Becewa ASBL	471/F2
Décembre 2015	EO	AIB Vinçotte International SA	562Z, 471N2, 471P2
Octobre 2019	EO	Sweco Belgium SA	471H2

Abréviations utilisées : EO = étude d'orientation ; ED = étude descriptive ; ECOD = étude combinée d'orientation et descriptive ; EAAS = expert agréé en assainissement du sol

La dernière étude de sol déposée auprès de l'OVAM date d'octobre 2019.

L'aperçu suivant des résultats d'études donne une image de la qualité du sol et des eaux souterraines à hauteur du domaine d'étude et est basé sur les résultats des études de sol réalisées à hauteur de la CND.

- L'ensemble du site montre des concentrations accrues d'arsenic dans les eaux souterraines, en raison de l'accumulation de boues de dragage de l'Escaut. Une étude de sol descriptive (mai 2001) a montré qu'il n'y a pas de menace sérieuse et qu'aucun projet d'assainissement du sol n'a dû être élaboré.
- Aucun dépassement de la norme d'assainissement du sol pour les paramètres généraux de pollution dans les sables pulvérisés (partie solide du sol).
- Une pollution historique à l'huile minérale, aux aromatiques et aux hydrocarbures chlorés a été constatée à hauteur des réservoirs souterrains d'huiles usées du garage (EO mai 2000). Sur la base d'une ED réalisée en mai 2011, il a été conclu qu'il n'y avait pas de menace sérieuse et qu'aucun projet d'assainissement du sol ne devait être élaboré. Une EO périodique a été recommandée afin de surveiller l'état de la pollution.
- Une EO réalisée en mai 2005 constate un dépassement de la norme d'assainissement du sol pour le plomb, les EOX, le zinc, le cuivre dans le sol et pour la conductivité, l'arsenic, l'huile minérale et le 1,1,1-trichloroéthane dans les eaux souterraines à plusieurs endroits sur 3 parcelles. À l'exception de la parcelle 471 P2 (zinc et cuivre dans le sol), ces pollutions ont été considérées comme des pollutions historiques. Pour la parcelle 471 P2, une étude descriptive du sol a été nécessaire. Un ED de la parcelle 471 P2 a montré qu'aucune menace sérieuse n'était présente et qu'aucun projet d'assainissement des sols n'était nécessaire.
- Dans le cadre d'une étude indicative du sol (octobre 2007), un dépassement du niveau d'huile minérale (parcelle 471 H2) a été constaté dans le sol et les eaux souterraines à hauteur de la zone d'entraînement des pompiers. Une forte augmentation du pH, de la conductivité et des métaux lourds a été mesurée dans le sol et les eaux souterraines à hauteur de la zone de décharge. Dans les autres zones, on a observé une concentration accrue de métaux lourds et d'acénaphylène dans le sol et d'arsenic et de nickel dans les eaux souterraines. Les pollutions ont fait l'objet d'une étude plus approfondie dans le cadre d'une étude combinée d'orientation et descriptive (novembre 2009). Les pollutions ont été inventoriées et évaluées par le gouvernement comme étant inoffensives pour l'homme et l'environnement. Aucun assainissement des sols n'a dû avoir lieu.
- Dans le cadre d'une étude d'orientation périodique des sols de la parcelle 471 F2 de la CND rendue obligatoire par décret (mai 2010), aucune concentration supérieure à la valeur guide pour la partie solide de la terre n'a été constatée. D'après les analyses des eaux souterraines, il n'y avait aucune raison de supposer que la partie solide du sol était polluée.
- Dans l'EO périodique de décembre 2015, divers polluants (résiduels) (arsenic, huile minérale, HCOV, zinc, plomb) ont été identifiés sur les parcelles 562 Z, 471 N2 et 471 P2, qui avaient également été identifiés lors d'enquêtes précédentes. L'étude d'orientation montre que pour les différentes pollutions, rien n'indique que les concentrations accrues constituent une pollution grave du sol pour l'homme ou l'environnement. Par conséquent, aucune étude descriptive du sol ne doit être effectuée.
- L'EO périodique d'octobre 2019 sur la parcelle 471 H2 montre que les concentrations élevées constatées (zinc, huile minérale, arsenic) ne constituent pas une pollution grave du sol pour

l'homme ou l'environnement. Par conséquent, aucune étude descriptive du sol ni aucune projet d'assainissement du sol n'a dû être réalisé(e).

2.1.2.7 Mesures prises en vue de préserver la qualité du sol et des eaux souterraines

La CND stocke un large éventail de substances qui peuvent être une source potentielle de pollution du sol et/ou des eaux souterraines.

Les mesures de protection des sols nécessaires sont toujours prises afin de prévenir la pollution des sols et des eaux souterraines pour toutes les sources potentielles de pollution actuelles sur les sites de la CND.

Vous trouverez un aperçu clair des mesures actuelles ci-dessous.

- Tous les réservoirs de stockage hors sol du site sont soit encuvés, soit à double paroi. Dans de nombreux cas, ces réservoirs sont situés dans un bâtiment où des mesures supplémentaires ont été prises pour empêcher la propagation d'une éventuelle pollution.
- Le stockage des produits dangereux se fait sur des sites séparés et est également effectué avec les précautions nécessaires (encuvements).
- Les réservoirs souterrains sont à double paroi et disposent en outre d'un système de détection de fuites. À l'exception des pollutions trouvées et décrites dans les études de sol des parcelles voisines (CND), aucun signalement de fuites éventuelles n'est connu.
- Tous les réservoirs de stockage sont équipés d'une protection électronique contre le débordement reliée à la pompe du camion.
- Pour les produits chimiques, des pistes de déchargement avec des installations de collecte sont prévues. Pour les livraisons de gasoil, il existe des pistes de déchargement ou des pistes mobiles (aux endroits où il est impossible d'avoir une piste).
- L'emplacement du réservoir est pourvu d'une surface étanche et d'un récipient de collecte.
- Le déchargement de produits chimiques ou de gasoil se fait toujours au moyen d'une liste de contrôle et en présence du chauffeur et d'une personne désignée par la CND.
- Seuls les déchets non dangereux sont stockés dans les parcs à conteneurs. Il s'agit exclusivement de déchets solides inertes. Le stockage se fait dans des conteneurs et sur une surface en dur qui draine l'écoulement vers un séparateur d'huile.
- L'« eau d'extinction » qui est libérée lors des exercices d'incendie est collectée par le réseau d'égouts interne de l'entreprise.
- Les transformateurs sont équipés d'un système de drainage. En cas de fuite, l'huile de refroidissement qui pourrait être libérée par les transformateurs « humides » est recueillie dans un bac de récupération souterrain.
- La CND dispose de personnel et de matériel d'intervention sur place, ce qui facilite l'intervention en cas d'incident.
- Si un incident se produit, une étude de sol est immédiatement lancée. Le cas échéant, la pollution est quantifiée, évaluée quant au risque et éliminée.

Les mesures de protection du sol nécessaires seront également systématiquement prises pour toutes les nouvelles sources de pollution potentielle future.

2.1.2.8 Utilisation du sol

Le site de la CND se trouve à l'extrême nord de ce qui est décrit comme le Waaslandhaven (zone portuaire d'Anvers sur la rive gauche).

Le site de la centrale est entouré d'un espace ouvert. Sur la rive gauche de l'Escaut, cet espace ouvert est principalement occupé par des activités agricoles. Selon la carte des utilisations agricoles de 2014, les céréales, les graines et les légumineuses sont les cultures les plus courantes. Les prairies sont également présentes et on y cultive des pommes de terre, du maïs et des betteraves sucrières.

Dans un rayon de 5 km autour du site de la CND, la densité de population est assez limitée : la zone se compose principalement du port d'Anvers et de l'Escaut et pour le reste, principalement de polders peu peuplés. Différentes unités d'habitation et noyaux d'habitat sont dispersés dans les polders, notamment dans les hameaux d'Ouden Doel, de Saefinghe et de Prosperpolder. L'habitation la plus proche (Scheldemolenstraat 65, 9130 Beveren) se trouve à 330 m au sud du site.

Le site est directement délimité :

- au nord et à l'est par l'Escaut et ses zones de slikke et de schorre ;
- au sud et à l'ouest par le Doelpolder, avec, à une distance de 900 m et plus, les petits noyaux d'habitation de Ouden Doel (nord-ouest), Rapenburg (ouest), Saefingen (sud-ouest) et Doel (sud).

En dehors du domaine d'étude, à l'est, à une distance de 2 km et plus, se trouvent Fort-Lillo et des entreprises (pétrochimie). Suivent ensuite Berendrecht (3,3 km au nord-est) et Zandvliet (4 km au nord-est). Toutes ces zones d'habitation se situent sur la rive droite (de l'autre côté de l'Escaut).

Le vaste environnement de la centrale nucléaire se caractérise par une forte industrialisation (zone portuaire). La zone portuaire d'Anvers se caractérise par la présence d'un cluster (péto)chimique d'une part, et de terminaux de conteneurs d'autre part.

2.1.3 Évaluation des incidences

2.1.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. chapitre 1.6).

2.1.3.1.1 Modification de la structure

Une modification de la structure du sol peut être causée par la conduite d'équipements lourds ou par l'empilement des terres. Il en résulte une structure granulaire avec une régulation défavorable de l'eau et de l'air qui crée une perméabilité (à l'eau) plus faible, rendant le sol impropre à un certain type d'utilisation. Le risque de modification de la structure, en particulier dans les sols argileux et/ou limoneux, est plus grand lorsque les travaux sont effectués par temps humide.

Les sols d'origine dans la zone du projet présentent une structure sablonneuse ou argileuse. Cependant, le site a été surélevé à l'aide de sable de l'Escaut, de sorte que les 5 à 6 m supérieurs ont une texture principalement sablonneuse. Le risque de compactage du sol est donc limité. En outre, l'incidence est moins importante dans les zones où des infrastructures dures (telles que des bâtiments, du pavage...) sont

installées. L'approvisionnement et l'enlèvement des matériaux se font également par des routes asphaltées existantes, de sorte que la circulation de chantier n'a aucune influence sur la structure du sol.

L'incidence sur la structure du sol est donc jugée négligeable.

2.1.3.1.2 Modification du profil

L'excavation du sol et l'introduction de matières étrangères dans le sol provoquent la perturbation du profil d'origine du sol. D'une part, la perturbation du profil peut avoir des effets négatifs, en raison, entre autres, de modifications de la régulation de l'eau et de l'écoulement des eaux souterraines locales, d'une diminution possible de l'activité microbienne et de la perte des fonctions originelles du sol. D'autre part, la perturbation du profil peut également avoir des incidences positives en augmentant la perméabilité et l'aération du sol et en augmentant la profondeur d'enracinement. Dans le cadre de ce projet, c'est essentiellement le changement de profil dans un sens négatif qui est important.

Lors des travaux dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, une perturbation du sol a eu lieu lors des travaux d'excavation à hauteur du bâtiment des pompes FE et du Filtered Containment Vent. Cependant, en raison du remblaiement avec boues de dragage, seuls des sols anthropogènes sans structure de profil sont présents sur le site de la CND. Les travaux d'excavation se sont limités à cette couche anthropogène (d'une épaisseur de 5 à 6 m) et n'ont pas atteint les sols d'origine, qui, selon la carte du sol de Belgique, ne présentent pas non plus de développement de profil.

L'incidence sur le développement du profil est jugée négligeable.

2.1.3.1.3 Altération de l'hygiène du sol

Lors des travaux dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il y avait un risque de pollution accidentelle du sol en raison de fuites dans des conduites (de carburant) ou de déversements d'huile et/ou de carburant principalement. Cela est dû à l'utilisation et à l'entretien du parc mécanique sur le chantier. Sous l'influence de l'infiltration des eaux pluviales, les substances polluantes qui se retrouvent sur ou dans le sol peuvent s'infiltrer et atteindre les eaux souterraines. Compte tenu du fait qu'une telle pollution du sol et/ou des eaux souterraines doit être considérée comme nouvelle en vertu des dispositions du décret relatif au sol, l'entrepreneur doit intervenir immédiatement en cas de problèmes et prendre les mesures nécessaires pour exclure toute pollution du sol et des eaux souterraines.

Le déplacement de terres a été effectué conformément à la législation en vigueur. Afin de maîtriser la propagation de la pollution du sol, le gouvernement flamand a élaboré une réglementation sur l'utilisation des terres excavées. Cette réglementation est décrite dans le chapitre XIII du VLAREBO (règlement flamand relatif à l'assainissement du sol et à la protection du sol). Lorsque les excavations totales dépassent 250 m³, un rapport technique doit être établi par un expert agréé en assainissement du sol.

Le rapport technique déterminera la qualité environnementale et les possibilités de réutilisation des terres à excaver. Les mesures qui doivent être prises à la suite du rapport technique permettront d'éviter la propagation de la pollution du sol dans la zone d'excavation.

Un rapport technique a été établi en 2016 (déclaré conforme par la Grondbank n° 2067-16-202396) pour les excavations réalisées lors de la construction du Filtered Containment Vent. Les terres à excaver ont

reçu les qualités environnementales suivantes : 911² (zone à proximité du bâtiment du réacteur 1 à 1,5 mètre sous le niveau du sol) et 211³ (zone à proximité du bâtiment du réacteur 1 1,5-3 mètres sous le niveau du sol + zone du bâtiment du réacteur 2 à 3 mètres sous le niveau du sol). Les terres ont été temporairement stockées et réutilisées pour le remblayage. Étant donné que les terres excavées ont été réutilisées conformément à la réglementation, l'incidence découlant des éventuelles modifications de qualité dues au déplacement des terres a été considéré comme non significatif. Aucun rapport technique n'a dû être établi pour les travaux d'excavation en fonction du nouveau bâtiment des pompiers, car le volume de terre à excaver était inférieur à 250 m³.

L'impact sur la qualité du sol et des eaux souterraines lors des travaux dans le cadre de la LTO est jugé négativement limité à négligeable.

2.1.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

2.1.3.2.1 Altération de l'hygiène du sol

Le stockage et le traitement de substances dangereuses en grandes quantités (diesel, produits de neutralisation, etc.) impliquent certains risques potentiels de pollution du sol et des eaux souterraines. Les mesures prises en vue de préserver la qualité du sol et des eaux souterraines sont énumérées au paragraphe 2.1.2.7.

Afin de limiter autant que possible les risques liés à ce stockage, on applique les principes de gestion des risques suivants :

- limitation au strict nécessaire de la quantité de produits chimiques stockés ;
- stockage dans les conditions adéquates, dans des réservoirs encuvés ou dotés d'une double paroi et d'un système de détection des fuites.

CND-1 et CND-2 disposent d'un système de gestion visant à prévenir la pollution du sol et des eaux souterraines. Aucune modification de ce système n'est prévue pour la phase d'exploitation dans la situation future. Dans la mesure où le risque de pollution du sol et des eaux souterraines est considéré comme maîtrisé dans la situation de départ, il n'y a aucune raison de penser que cela changera à l'avenir. Une surveillance continue du respect des mesures prescrites pour la protection du sol et des eaux souterraines est jugée suffisante. Les études de sol les plus récentes (2015, 2019) n'ont d'ailleurs pas identifié de nouvelle pollution du sol (survenant après 2000).

Les incidents ayant un impact sur le sol et les eaux souterraines ne sont toutefois jamais à exclure. Le risque d'une incidence significative sur la qualité du sol et des eaux souterraines demeure, en ce sens qu'un tel incident peut donner des indications que la pollution du sol et des eaux souterraines dépasse ou menace de dépasser les normes d'assainissement du sol, ce qui nécessiterait de réaliser une étude de sol et un éventuel assainissement ultérieur.

² Ces terres peuvent être utilisées librement dans la zone de travail cadastrale. En dehors de la zone de travail cadastrale, ces terres doivent être assainies avant de pouvoir être utilisées comme sol. Les terres peuvent être utilisées en tant que matériau de construction ou en tant que produit solide.

³ Ces terres peuvent être utilisées librement dans la zone de travail cadastrale. En dehors de la zone de travail cadastrale, elles peuvent être utilisées librement comme sol dans les types d'affectation I à V. Vu que les concentrations de métaux lourds ne dépassent pas les valeurs pour une utilisation libre, ces terres peuvent être utilisées en tant que matériau de construction ou en tant que produit solide.

Il y a par exemple eu une fuite à un réservoir de mazout en 2019. Ce problème a été signalé à l'OVAM (5/09/2019). Les terres polluées ont été éliminées à l'aide d'un camion aspirateur. Les terres polluées ont été évacuées pour être traitées par Suez Remediation et la GRC Kallo. Les échantillons de contrôle n'ont montré aucun dépassement de la valeur indicative. On peut en conclure que toute pollution à l'huile minérale a été éliminée. Les terres de remblai remplissaient les conditions pour une utilisation libre, conformément à la déclaration de conformité 2015-18202469 de la Grondbank.

Une intervention immédiate sera également réalisée en cas de nouveaux problèmes, et les mesures nécessaires seront prises afin d'exclure toute pollution du sol et des eaux souterraines.

L'impact sur la qualité du sol et des eaux souterraines durant la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) est jugé négativement limité à négligeable.

2.1.3.2.2 Modification de l'utilisation du sol et de l'aptitude du sol

D'après la carte d'aptitude du sol, les sols situés dans un rayon de 2 km autour de la CND sont :

- modérément adaptés aux pâturages ;
- modérément à peu adaptés aux cultures et au maïs ;
- peu adaptés à inadaptés à la culture maraîchère et à la culture fruitière extensives ;
- inadapté à la culture maraîchère intensive, à la culture sous serre, à l'horticulture ornementale et aux vergers.

L'aptitude du sol peut être influencée par l'émission de sel via des gouttelettes charriées par le panache de vapeur des tours de refroidissement de la CND, en raison de l'eau saumâtre de l'Escaut utilisée comme eau de refroidissement. Les calculs effectués dans le cadre de la discipline Air ont montré que le dépôt de sel dans l'environnement (dans un rayon de 2 km) s'élève à un maximum d'environ 0,25 g/m² par mois. Les tours de refroidissement ne fonctionnent qu'en fonction de Doel 3 et 4. Dans la mesure où les aménagements dans le cadre de la LTO ne concernent que Doel 1 et 2, aucune modification des dépôts de sel n'est attendue.

De plus, la CND se situe à un endroit déjà influencé par la présence d'eau saumâtre de l'Escaut. C'est ce que montre également la carte de vulnérabilité des eaux souterraines, qui indique la présence d'eaux souterraines salines. La végétation et les cultures en présence se sont probablement déjà adaptées à l'influence de cette salinité. L'influence des précipitations de sel provenant des tours de refroidissement est donc jugée limitée. Le dépôt diminue également de façon continue à mesure que la distance augmente.

La salinisation peut cependant aussi avoir des incidences directes sur le sol, comme le phénomène d'envasement (étanchéification du sol). Le sel détruit la structure des sols argileux par un processus d'échange de cations. Cet effet peut toutefois être corrigé, entre autres, par l'adjonction de chaux ou de matières organiques au sol. On peut supposer que ces adjonctions ont déjà lieu sur les parcelles agricoles environnantes. Aucun changement n'est attendu à cet égard dans la situation future.

La modification de l'utilisation du sol et de l'aptitude du sol due au dépôt de sel est jugée négligeable.

2.1.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

Durant les mises à l'arrêt définitif, aucune modification associée à des travaux d'excavation ou de construction ne sera apportée à l'infrastructure du site de la CDN. Il n'y aura pas de changement dans la structure ou le profil du sol.

Les interventions qui auront lieu dans le cadre des mises à l'arrêt définitif seront toujours effectuées selon les bonnes pratiques disponibles les plus récentes, ce qui réduira considérablement le risque de pollution des sols. Le système de déclaration des émissions accidentelles sera toujours strictement respecté. De cette manière, le risque de pollution du sol et des eaux souterraines est considéré comme maîtrisé. L'impact sur la qualité du sol et des eaux souterraines est jugé négativement limité à négligeable.

2.1.3.4 Option zéro

Dans l'option zéro (= la situation « no-LTO »), aucune intervention n'a eu lieu dans le cadre de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. Il n'y aurait donc pas eu de travaux de construction et d'excavation. Les incidences décrites ci-dessus pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 sur la structure du sol, le profil du sol et l'hygiène du sol ne se seraient donc pas produites. Il convient de noter que dans la situation LTO, ces incidences sont jugées négligeables à négativement limités.

Dans le cadre de l'option zéro, les lieux de stockage et les activités à risque sur le site seraient interrompus à partir de 2015 au lieu de 2025. Dans la mesure où le risque de pollution des sols et des eaux souterraines peut être considéré comme maîtrisé, la différence avec la LTO est considérée comme limitée en termes d'impact sur la qualité du sol et des eaux souterraines.

Le fonctionnement des unités Doel 1 et 2 n'a pas d'impact sur le dépôt de sel dans la région environnante. La non-prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 n'a donc aucune incidence sur l'utilisation du sol et l'aptitude du sol.

En ce qui concerne la discipline Sol, on peut conclure qu'il n'y a pas de différence entre la MAD en 2015 (= option zéro) ou en 2025.

2.1.3.5 Incidences cumulatives

En ce qui concerne la discipline Sol, aucune incidence cumulative avec d'autres projets dans les environs n'est attendue.

2.1.3.6 Incidences transfrontalières

Il n'y a pas d'incidences transfrontalières pour la discipline Sol. De même, les précipitations de sel provenant du panache des tours de refroidissement ne changeront pas, car les tours de refroidissement ne fonctionnent qu'en fonction de Doel 3 et 4 (cf. discipline Air, chapitre 2.4).

2.1.4 Suivi

Aucune mesure relative au suivi et à l'évaluation n'est nécessaire pour la discipline Sol.

2.1.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Comme mentionné plus haut, les incidents ayant un impact potentiel sur le sol et/ou les eaux souterraines ne peuvent jamais être complètement exclus. La poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire sera toujours effectuée selon les bonnes pratiques disponibles les plus récentes, ce qui réduira considérablement le risque de pollution des sols.

Le système de déclaration des émissions accidentelles sera toujours strictement respecté (notamment pour les incidents) afin de pouvoir identifier, analyser et remédier aux points critiques.

Aucune mesure d'atténuation ou recommandation supplémentaire n'est jugée nécessaire.

2.1.6 Lacunes de connaissances

Aucune lacune de connaissances ayant une incidence sur l'analyse effectuée ou sur les décisions qui s'en sont suivies n'a été constatée.

2.1.7 Conclusions

L'incidence des travaux qui ont été réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO peut être jugée négativement limitée à négligeable pour la discipline Sol. Aucune incidence supplémentaire n'est à prévoir dans la situation LTO par rapport à la situation de départ.

Les incidences de la MAD sont également jugées négativement limitées à négligeables. La différence entre la MAD en 2015 (= option zéro) ou en 2025 est limitée en ce qui concerne le sol.

Les incidents ayant un impact sur l'hygiène du sol ne sont toutefois jamais à exclure à l'avenir. CND-1 et CND-2 disposent néanmoins actuellement des mesures techniques et organisationnelles visant à éviter ou à limiter autant que possible toute pollution éventuelle. La poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire sera toujours effectuée selon les bonnes pratiques disponibles les plus récentes, ce qui réduira considérablement le risque de pollution des sols.

Le fonctionnement des unités Doel 1 et 2 n'a pas d'impact sur le dépôt de sel dans la région environnante et, par conséquent, n'en a pas non plus sur l'utilisation du sol et l'adéquation du sol.

2.2 Eau

Annexe A – Carte 8 : Captages d’eau souterraine autorisés

Annexe A – Carte 9 : Atlas hydrographique flamand (VHA)

Annexe A – Carte 10 : Évaluation aquatique – zones inondables

Annexe A – Carte 11 : Évaluation aquatique – zones érodables

Annexe A – Carte 12 : Évaluation aquatique – zones sujettes à l’écoulement souterrain

2.2.1 Méthodologie

2.2.1.1 Délimitation du domaine d’étude

Le domaine d’étude pour la discipline Eau comprend toutes les eaux superficielles appartenant au réseau hydrographique public, dont la qualité, la quantité et/ou le profil pourraient être affectés par la CND.

L’aspect « eaux souterraines » est abordé dans le cadre de la discipline Sol.

2.2.1.2 Description de la situation de départ

Lors de l’analyse de la situation de départ, une description est faite des éléments suivants :

- hydrographie : elle est analysée sur la base de la carte topographique et de l’Atlas hydrographique flamand (VHA) ;
- qualité des eaux superficielles : l’état général de l’Escaut maritime et du Doorloop adjacent est décrit à l’aide de l’évaluation réalisée dans le cadre du 2^e plan de gestion de district hydrographique (PGDH) de la section spécifique du bassin inférieur de l’Escaut, disponible sur le Geoloket Stroomgebiedbeheerplannen. La qualité des eaux superficielles de l’Escaut maritime est également décrite sur la base de la banque de données de mesurage de la Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), tant en amont qu’en aval des points de déversement de la CND. La qualité actuelle de l’eau est testée par rapport aux objectifs de qualité en vigueur ;
- sensibilité aux inondations, à l’infiltration, à l’écoulement souterrain et à l’érosion et localisation dans un lit majeur : les cartes d’évaluation aquatique disponibles sur Geopunt sont utilisées à cet effet ;
- approvisionnement en eau/bilan hydrologique/réseau d’égouts interne : les flux d’eau entrants et sortants de la CND sont déterminés quantitativement et représentés schématiquement sur le plan d’égouttage ;
- description des émissions : les concentrations de substances polluantes dans les flux d’eau sortants de la CND sont décrites, estimées et testées par rapport aux normes de déversement en vigueur.

2.2.1.3 Description et évaluation des incidences

Aucune incidence n'est attendue pour la discipline Eau lors de la phase de construction dans le cadre des aménagements en vue de la LTO. Il n'y aura pas non plus de travaux d'assèchement.

Dans le cadre de son exploitation, la CND utilise de l'eau de distribution, ainsi que de l'eau extraite de l'Escaut. Les eaux pluviales ne sont pas réutilisées. Les aménagements réalisés dans le cadre de la LTO peuvent impliquer un asphaltage ou une surface de toit supplémentaire. Lors de la phase d'exploitation (eaux usées industrielles et sanitaires), des déversements sont effectués dans les eaux superficielles. Des eaux de refroidissement sont rejetées dans l'Escaut à une température supérieure à celle des eaux superficielles. Comme l'impose le permis d'environnement, des conditions environnementales particulières s'appliquent au déversement et au suivi des eaux de refroidissement. La localisation de la CND le long de l'Escaut peut impliquer un risque d'inondations (compte tenu des incidences attendues du changement climatique).

Les incidences potentielles pour la discipline Eau pendant la phase d'exploitation seront décrites comme suit :

- régime hydrologique (bilan hydrologique) : les flux entrants et sortants résultant du projet sont déterminés de manière quantitative ;
- évolution des caractéristiques d'infiltration et d'écoulement : description qualitative de l'écoulement des eaux pluviales (sur la base de l'évaluation régionale des eaux pluviales). Les risques d'inondations (également dus au changement climatique) sont décrits de manière qualitative (vulnérabilité du projet) ;
- évolution de la qualité des eaux superficielles : estimation quantitative des charges polluantes déversées via les eaux usées industrielles et sanitaires et détermination des incidences du déversement sur la qualité du cours d'eau récepteur au moyen d'une approche statique ;
- impact thermique du déversement d'eaux de refroidissement : estimation quantitative de la hausse de température en fonction de la distance par rapport au point de déversement et de la taille du panache de chaleur, sur la base des cinq campagnes de suivi menées pour évaluer l'impact thermique des eaux de refroidissement de la CND sur l'Escaut (Arcadis, 2012). L'impact du changement climatique sur la capacité de refroidissement de la CND et la pollution thermique de l'Escaut est décrit de manière qualitative ;
- évaluation des incidences sur l'état des masses d'eau : l'arrêt du 1^{er} juillet 2015 de la Cour de justice de l'Union européenne sur l'interprétation de la directive-cadre sur l'eau (affaire C-461/13, dit « arrêt Weser ») a révélé qu'une attention accrue devait être portée aux incidences sur l'eau et aux différents éléments qui déterminent son état. Un test sera effectué par rapport à la directive-cadre sur l'eau.

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour :

- l'approvisionnement en eau (quantitatif – bilan hydrologique) :
 - aucune évaluation n'est liée à cet aspect ;
- l'évolution des caractéristiques d'infiltration et d'écoulement :
 - considérablement négative : modification importante du régime hydrologique entraînant des effets secondaires négatifs (p. ex. fréquence et ampleur des inondations),

- négative : modification limitée du régime hydrologique entraînant des effets secondaires négatifs limités,
- négativement limitée : modification limitée du régime hydrologique n'entraînant pas d'effets secondaires négatifs,
- négligeable : aucune modification du régime hydrologique à prévoir,
- positivement limitée : modification limitée du régime hydrologique n'entraînant pas d'effets secondaires positifs,
- positive : modification limitée du régime hydrologique entraînant des effets secondaires positifs limités,
- considérablement positive : modification importante du régime hydrologique entraînant des effets secondaires positifs ;
- l'évolution de la qualité des eaux superficielles :

L'évaluation de l'impact (moyen) permanent du déversement repose sur la méthodologie de la version la plus récente du manuel d'orientation pour la discipline Eau (juin 2011). Cette méthodologie consiste avant tout à calculer, en aval d'un déversement, la hausse de concentration Cv pour un paramètre x à plein mélange selon la formule : $Cv = \frac{Ce*QL}{Qopp+QL}$

En supposant que :

Ce = paramètre de concentration x dans les eaux déversées (moyenne annuelle) ;

QL = débit de déversement du flux d'eaux usées (débit annuel) ;

$Qopp$ = débit d'écoulement des eaux superficielles (débit moyen de la marée).

Le cadre d'évaluation ci-dessous, issu du manuel d'orientation susmentionné, est utilisé pour indiquer l'importance de l'impact permanent du déversement. Les normes de qualité environnementale définies à l'annexe 2.3.1 du VLAREM II sont utilisées comme valeur de test.

Hausse totale de la concentration des déversements (X) versus valeur de test	1 % < X ≤ 10 %	10 % < X ≤ 20 %	X > 20 %
Qualité actuelle de l'immission (Y) versus valeur de test			
Y < 50 %	-1	-1	-2
50 % ≤ Y < 75 %	-1	-2	-3
Y ≥ 75 %	-2	-3	-3

-1 : contribution limitée = incidence négativement limitée ; -2 : contribution pertinente = incidence négative ; -3 : contribution importante = incidence considérablement négative
Y = qualité moyenne de l'immission en amont du déversement

- l'évaluation de la hausse de température :
 - considérablement négative – impact thermique important : le déversement entraînera une hausse de température supérieure à 3 °C,
 - négative – impact thermique pertinent (acceptable) : le déversement entraînera une hausse de température comprise entre 1 et 3 °C,
 - négativement limitée – impact thermique limité : le déversement entraînera une hausse de température inférieure à 1 °C ;
- l'évaluation de la taille du panache de chaleur (cf. système d'évaluation des déversements de chaleur de la Commissie Integraal Waterbeheer Nederland) : la zone de mélange à proximité du point de déversement (c'est-à-dire la zone délimitée par une température supérieure à 25 °C) ne peut pas occuper plus de 25 % de la section transversale des eaux superficielles (la barrière thermique formée est alors encore suffisamment praticable pour les organismes aquatiques) ;
- l'évaluation des incidences sur l'état des masses d'eau : l'évaluation est réalisée sur la base des directives provisoires pour l'évaluation des incidences sur l'état des masses d'eau (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2019).

2.2.2 Situation de départ

2.2.2.1 Hydrographie

Le site de la CND est situé sur la rive gauche de l'Escaut.

L'Escaut est un fleuve de plaine, qui s'étend sur quelque 355 km entre sa source à Saint-Quentin (nord de la France) et son embouchure à Flessingue (Pays-Bas). Le bassin versant de l'Escaut et de ses affluents couvre presque toute la basse Belgique, une partie du nord de la France et la moitié de la Zélande. Le bassin versant est bordé par le bassin de l'Yser à l'ouest et par le bassin de la Meuse au nord, à l'est et au sud. L'Escaut et l'ensemble de ses affluents sont ce qu'on appelle des « cours d'eau à régime pluvial ». Cela signifie que l'écoulement de l'eau à la frontière belgo-néerlandaise peut varier considérablement au cours de l'année.

L'Escaut est grosso modo composé de deux parties. La section fluviale proprement dite commence à Saint-Quentin et se termine aux barrages de Gand. En aval de Gand et jusqu'à l'embouchure de Flessingue, l'Escaut forme un estuaire, où les marées de la mer du Nord exercent une influence significative sur la morphologie et où l'interaction entre les eaux fluviales et maritimes engendre un développement morphologique nettement différencié. La partie de l'Escaut à hauteur de la CND appartient à cet estuaire.

Jusqu'à quelques kilomètres de la frontière belgo-néerlandaise, l'Escaut se compose d'un seul chenal. Plus en aval, en direction de la mer du Nord, on distingue dans la section transversale un chenal principal, majoritairement dominé par la marée descendante (jusant), et plusieurs chenaux secondaires (alluvions), généralement dominés par la marée montante (flot). Le chenal principal est le plus profond au niveau des méandres relativement étroits et abrupts. Dans les sections droites du chenal et aux jonctions relativement larges du chenal principal et des chenaux secondaires, le fleuve est naturellement peu profond. Ces hauts-fonds sont désignés par le terme « seuils ». L'estuaire de l'Escaut est relié latéralement à la zone intertidale sous la forme de schorres et de slikkes (e. a. le Galgenschoor).

L'Escaut à hauteur de Doel est un fleuve à marée ; il présente donc deux types de débits. Tout d'abord les débits tidaux (flot et jusant), et ensuite l'écoulement du débit supérieur de l'arrière-pays hydrographique vers la mer. Les débits tidaux sont très importants et varient en fonction du cycle de la marée considérée. Le flux tidal augmente vers l'aval.

Afin de donner un ordre de grandeur : lors d'une marée moyenne, le flot et le jusant passent à Liefkenshoek avec un débit moyen de respectivement 5 300 et 5 400 m³/s. Les durées diffèrent : le flot dure un peu plus de cinq heures et demie, tandis que le jusant dure près de sept heures. Lors d'une marée moyenne, le flot et le jusant présentent un débit instantané maximal de respectivement 9 400 et 8 300 m³/s. Au total, le volume du flot s'élève à 115 Mm³ et le volume du jusant s'élève à 123 Mm³ (source : Plancke et al., 2017).

La différence entre le débit du flot et le débit du jusant indique d'emblée un débit supérieur moyen d'environ 100 m³/s.

Le flot et le jusant engendrent des courants contraires : vers l'intérieur des terres au flot et vers la mer au jusant. Aux alentours de l'inversion des courants du flot et du jusant (les renversements ; environ 1 heure après la marée haute et la marée basse), la vitesse du courant est relativement faible. La station de mesure Lillo enregistre des différences marquées entre les vitesses de courant au flot et au jusant. Au flot, l'appareil supérieur enregistre des vitesses comprises entre 0,4 et 0,8 m/s, tandis que l'appareil inférieur enregistre des vitesses comprises entre 0,4 et 0,7 m/s. La vitesse est relativement faible à proximité du fond. Elle est néanmoins souvent suffisante pour déplacer le sable et la vase sur le fond. Au jusant, l'appareil supérieur enregistre des vitesses comprises entre 0,2 et 0,35 m/s, tandis que l'appareil inférieur enregistre des vitesses comprises entre 0,25 et 0,4 m/s. Le courant est donc ici clairement dominé par le flot (source : Plancke et al., 2017).

La bathymétrie de l'Escaut à hauteur de la CND peut être décrite de manière simplifiée à l'aide de la bathymétrie rectangulaire moyenne. La Figure 2-3 présente l'emplacement de la section transversale de l'Escaut pour laquelle la bathymétrie rectangulaire moyenne de l'Escaut est décrite. La profondeur moyenne de l'Escaut au jusant est de 7,8 m à cet endroit, pour une largeur d'environ 1 100 m. Le calcul de la profondeur moyenne garantit que la superficie de la section transversale réelle est égale à la superficie de la section transversale rectangulaire simplifiée. Une levée est présente à l'extrémité amont du chenal de flot du Plateau de Doel ; celle-ci est également représentée à la Figure 2-3. Une levée contient partiellement le courant de flot et le conduit vers le déversoir du chenal de jusant existant. Le courant de jusant est ainsi davantage concentré dans le chenal principal. L'augmentation de la capacité de transport de sable permet donc une plus grande érosion dans le chenal et, par conséquent, le maintien de plus grandes profondeurs naturelles. Une levée délimite d'une certaine manière une zone de plateaux et empêche la formation de chenaux de jusant secondaires continus dans le système de plateaux qui, à l'état naturel, présentent certaines évolutions susceptibles de nuire à la conservation des voies navigables. Notons que, compte tenu de l'emplacement spécifique du point de déversement à l'extrémité du Plateau de Doel, il a été supposé que la majeure partie du volume d'eau reflue via ce Plateau au jusant. Au jusant, une profondeur de 3 m et une largeur de 300 m sont prises en compte pour le Plateau de Doel.

Au sud de la CND s'écoule le Doorloop, un cours d'eau de 3^e catégorie géré par le Polder van het Land van Waas. Celui-ci se jette dans l'Escaut juste en amont de la CND. La CND ne possède aucun point de déversement sur ce cours d'eau.

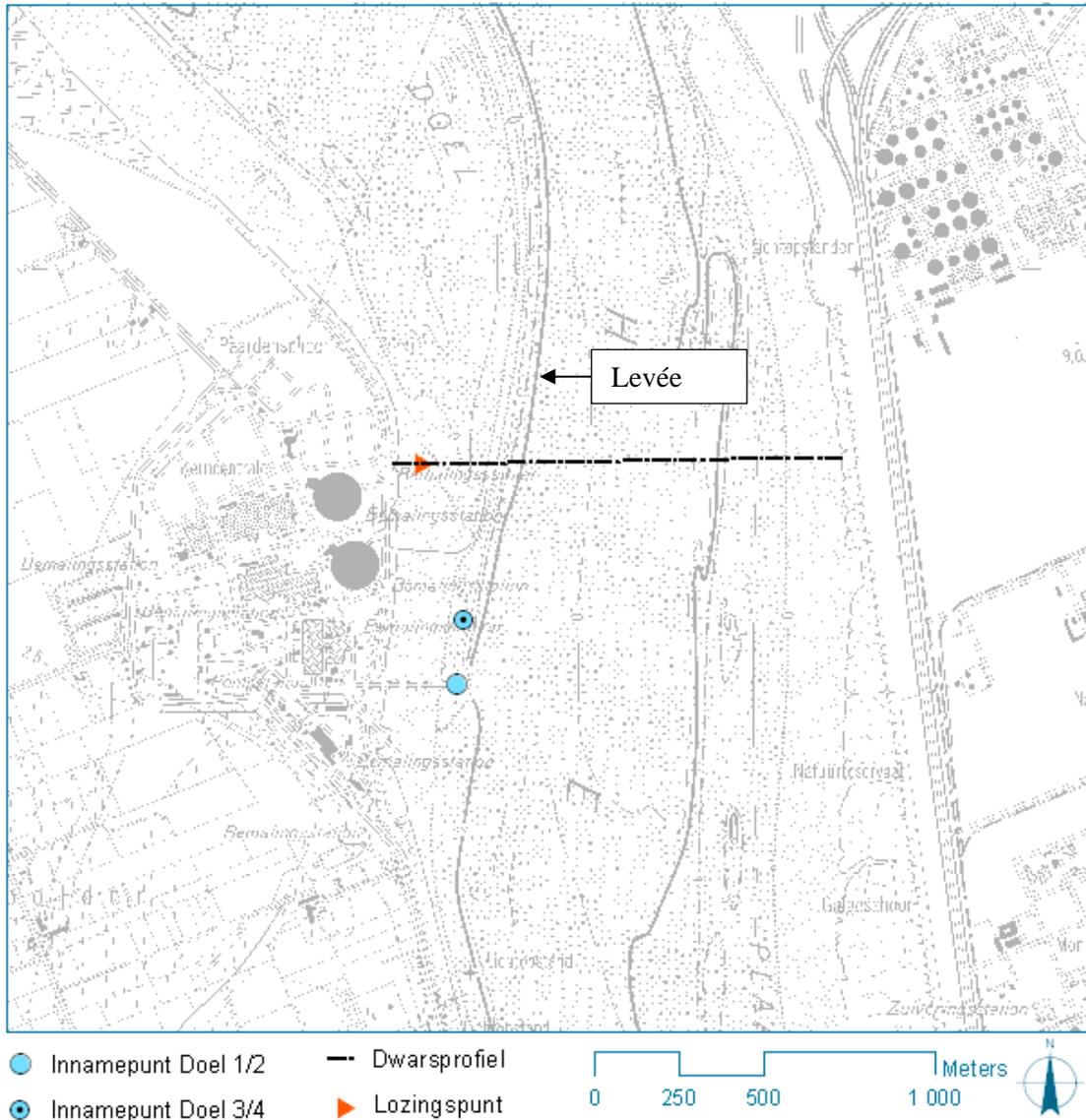


Figure 2-3 Bathymétrie de l'Escaut à hauteur de Doel

2.2.2.2 Qualité des eaux superficielles

2.2.2.2.1 Évaluation de l'état global dans le cadre du plan de gestion de district hydrographique Escaut maritime

La description de la qualité des eaux superficielles de l'Escaut dans la situation de départ repose sur l'évaluation dans le cadre du 2^e PGDH (plan de gestion de district hydrographique) de l'Escaut pour la section spécifique du bassin inférieur de l'Escaut. L'Escaut à hauteur de la CND fait partie de la masse d'eau flamande Zeeschelde IV et porte le code VL08_43. Cette masse d'eau est catégorisée comme une masse d'eau de transition de type « estuaire de plaine macrotidal saumâtre » (O1b) et a le statut d'une

masse d'eau fortement modifiée. L'évaluation est basée sur les résultats des mesures des années 2005-2013 et peut donc être considérée comme représentative de la situation de départ.

- L'évaluation globale du potentiel écologique de la masse d'eau Zeeschelde IV est généralement insuffisante :
 - l'évaluation des éléments biologiques est insuffisante : insuffisante pour les macrophytes et les poissons et moyenne pour les macro-invertébrés ;
 - l'évaluation des éléments physico-chimiques déterminant les éléments biologiques est généralement mauvaise. L'évaluation des éléments physico-chimiques isolés donne les résultats suivants :
 - mauvaise évaluation pour le nitrate+nitrite+ammonium,
 - bonne évaluation pour la température, l'oxygène dissous et le pH ;
 - l'évaluation des substances polluantes spécifiques est mauvaise. On observe un dépassement des valeurs pour l'arsenic, le bore et l'uranium dissous.
- L'évaluation de l'état chimique de la masse d'eau Zeeschelde IV est mauvaise. On observe un dépassement des valeurs pour les HAP et le mercure total.
- Le lit de la masse d'eau Zeeschelde IV est pollué.

La description de la qualité des eaux superficielles de l'Escaut pour la période 2015-2019 repose sur l'évaluation dans le cadre du 3^e PGDH. L'évaluation est basée sur les résultats des mesures de l'année 2018 et peut donc être considérée comme représentative de cette période.

- L'évaluation globale du potentiel écologique de la masse d'eau Zeeschelde IV est généralement insuffisante :
 - le résultat de l'évaluation des éléments biologiques est insuffisant : insuffisant pour les macrophytes, moyen pour les macro-invertébrés et bon pour les poissons ;
 - le résultat de l'évaluation des éléments physico-chimiques est généralement mauvais :
 - mauvaise évaluation pour le nitrate+nitrite+ammonium,
 - bonne évaluation pour l'oxygène dissous et le pH ;
 - le résultat de l'évaluation des substances polluantes spécifiques déterminant les éléments biologiques est mauvais. On observe un dépassement des valeurs pour l'arsenic, le bore et l'uranium dissous.
 - L'évaluation de l'hydromorphologie est insuffisante.
- Le résultat de l'évaluation de l'état chimique de la masse d'eau Zeeschelde IV est mauvais. On observe un dépassement des valeurs pour les HAP, le polybromodiphényléther, le tributylétain, l'acide perfluorooctanesulfonique, l'heptachlore-époxyde et le mercure total.
- Le lit de la masse d'eau Zeeschelde IV est légèrement pollué.

Doorloop

La description de la qualité des eaux superficielles du Doorloop dans la situation de départ repose sur l'évaluation dans le cadre du 2^e PGDH (plan de gestion de district hydrographique) de l'Escaut pour la section spécifique du bassin inférieur de l'Escaut. Le Doorloop est une masse d'eau locale de 1^{er} ordre et porte le code L107_333. La masse d'eau est catégorisée comme une rivière de type « cours d'eau saumâtre de polder » (Pb) et a le statut d'une masse d'eau fortement modifiée. L'évaluation est basée sur

les résultats des mesures de l'année 2012 et peut donc être considérée comme représentative de la situation de départ.

L'évaluation du potentiel écologique du Doorloop donne les résultats ci-dessous.

- Le résultat de l'évaluation des éléments biologiques est généralement moyen : moyen pour les macrophytes et pour les macro-invertébrés.
- Le résultat de l'évaluation des éléments physico-chimiques déterminant les éléments biologiques est généralement insuffisant. L'évaluation des éléments physico-chimiques isolés donne les résultats suivants :
 - évaluation insuffisante pour le phosphore total ;
 - évaluation moyenne pour l'azote total, la température et l'oxygène dissous ;
 - bonne évaluation pour le pH et la conductivité.
- Le résultat de l'évaluation des substances polluantes spécifiques est mauvais. On observe un dépassement des valeurs pour l'uranium dissous.

L'évaluation de l'état chimique du Doorloop est mauvaise. On observe un dépassement des valeurs pour l'uranium dissous.

Aucune évaluation de l'état global n'a eu lieu pour le Doorloop dans le cadre du 3^e PGDH.

2.2.2.2.2 Qualité physico-chimique

La qualité des eaux superficielles de l'Escaut en amont et en aval des points de déversement de la CND est examinée plus en détail sur la base du réseau de mesure de la qualité des eaux superficielles de la VMM. Les points de mesure suivants font l'objet de relevés mensuels et sont importants pour la présente EIE :

- 159 000 : en amont, Beveren, chenal Scheldebocht à hauteur de la Kallosluis ;
- 157 000 : en amont, Lillo, chenal à hauteur de Fort Liefkenshoek et de Fort Lillo ;
- 154 100 : en aval, Zandvliet, limite de Doel, chenal au centre de l'Escaut à hauteur de la bouée.

L'emplacement des points de mesure est indiqué à la Figure 2-4.

En amont et en aval de la CND, l'Escaut doit satisfaire aux valeurs guides qui déterminent le bon état écologique et le bon état chimique du type « Eaux de transition – estuaire de plaine macrotidal saumâtre » (O1b), qui figurent à l'annexe 2.3.1 du VLAREM II. Les objectifs relatifs aux chlorures, aux sulfates et à la conductivité ne sont pas applicables en raison du caractère saumâtre de l'eau dans l'estuaire de l'Escaut.



Figure 2-4 Emplacement des points de mesure de la VMM

Situation de départ 2013-2014

Le Tableau 2-4 montre les résultats moyens des mesures de la qualité physico-chimique de l'eau aux points de mesure de la VMM mentionnés ci-dessus pour la période 2013-2014. Les normes de qualité environnementale de base pour les eaux superficielles sont également incluses dans le tableau. Les valeurs en rouge indiquent un dépassement de la norme de qualité environnementale (NQE) en vigueur.

Le Tableau 2-5 révèle que la température maximale mesurée se situe (juste) en dessous de la norme de qualité environnementale de 25 °C. Les objectifs de qualité environnementale ne sont pas respectés pour

les paramètres suivants : pH, oxygène dissous (l'objectif de qualité environnementale n'est pas atteint au point de mesure le plus en amont, mais l'est néanmoins plus en aval), consommation chimique d'oxygène (CCO), orthophosphate, nitrate+nitrite+ammonium, bore, arsenic, béryllium, thallium et uranium dissous.

Comme mentionné ci-dessus, les points de mesure de la VMM étudiés font l'objet de relevés mensuels. La température de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 et Doel 2 et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 est mesurée en permanence par Engie elle-même. Le point d'extraction est indiqué à la Figure 2-3. Les mesures continues liées à la situation de départ 2013-2014 montrent que la température maximale de 25 °C n'est généralement pas dépassée, sauf un jour à la fin du mois de juillet, à la fois en 2013 et 2014, où la température maximale a atteint à 26 °C (Figure 2-5 et Figure 2-6). Les discontinuités dans les mesures sont dues à des erreurs de mesure, à une erreur dans le système d'enregistrement ou à une mise hors service de l'appareil de mesure à la suite d'une révision.

La teneur en oxygène aux points d'extraction de Doel 1 et de Doel 3 et 4 est également mesurée en permanence par Engie elle-même. Les mesures liées à la situation de départ 2013-2014 sont indiquées à la Figure 2-15 et à la Figure 2-16 du paragraphe 2.2.2.6.3.1. Étant donné que l'Escaut contient de nombreuses substances en suspension, l'arrivée de la cellule de mesure peut se boucher. L'activité microbienne entraîne alors une consommation d'oxygène, rendant les mesures nulles. Cela conduit fréquemment à des mesures erronées, comme le montrent les différentes figures. Sans tenir compte des valeurs aberrantes et des valeurs au moment des obstructions de la cellule de mesure, on peut déduire des mesures que la norme de qualité environnementale de 6 mg O₂/l comme valeur P10 est toujours respectée pour l'eau extraite de l'Escaut.

Période 2015 – 2019

Le Tableau 2-6 montre les résultats moyens des mesures de la qualité physico-chimique de l'eau aux points de mesures de la VMM mentionnés ci-dessus pour la période 2015-2019. Le Tableau 2-6 révèle que la température maximale mesurée se situe (juste) en dessous de la norme de qualité environnementale de 25 °C, sauf pour le point de mesure en aval de la CND (point de mesure 1574100). Un dépassement de la norme de qualité environnementale a été observé à cet endroit en août 2018, période à laquelle la température a atteint 25,2 °C. Les objectifs de qualité environnementale ne sont pas respectés pour les paramètres suivants : consommation chimique d'oxygène (CCO), nitrate+nitrite+ammonium, bore, arsenic, béryllium, cadmium et uranium dissous.

Les mesures continues liées à la période 2015-2019 (Figure 2-7 à Figure 2-11 incluse) montrent que la température maximale de 25 °C n'est pas dépassée, sauf pour un certain nombre de jours au cours des étés 2018 et 2019, où la température maximale a atteint à 26 °C (sans tenir compte des dépassements/valeurs aberrantes sporadiques résultant d'erreurs de mesure).

Les mesures continues de la teneur en oxygène liées à la période 2015-2019 sont reprises aux Figure 2-17 à Figure 2-21 du paragraphe 2.2.2.6.3.1. Les valeurs P10 de 6 mg O₂/l ne sont pas respectées pour les années 2016 et 2018.

Tableau 2-5 Qualité de l'eau et évaluation par rapport à la norme de qualité environnementale (NQE) aux points de mesure en amont et en aval du point de déversement de la CND dans l'Escaut – Situation de départ 2013-2014

Paramètre	Unité	NQE en vigueur 2013-2014	Points de mesure (résultats 2013 – 2014)																	
			159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
			Annexe 2.3.1 Vlare II	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max
Température	°C	25 (max)	6,90	8,06	14,04	20,88	24,10	8,25	6,70	7,74	14,11	20,66	23,50	8,23	7,00	7,92	13,90	20,22	24,20	8,12
pH	-	Entre 7,5 et 9	7,10	7,60	7,78	8,00	8,00	7,74	7,10	7,64	7,83	8,00	8,00	7,87	7,30	7,74	7,91	8,10	8,10	7,98
Oxygène, dissous	mg/l	6 (P10)	4,90	5,56	7,61	9,66	10,30	9,24	5,30	6,44	8,20	10,08	10,50	9,60	6,80	7,20	9,01	10,94	11,80	10,47
Conductivité (20 °C)	µS/cm		1667,00	2274,60	7574,72	12460,00	14480,00	5490,00	3590,00	5156,00	10529,20	14362,00	17210,00	7020,00	4990,00	7170,00	12540,00	17588,00	19490,00	8668,33
Chlorure	mg/l		0,00	466,00	2289,60	4220,00	5300,00	1705,00	0,00	1274,00	3369,60	5120,00	6500,00	2433,33	0,00	2042,00	3988,80	6000,00	7300,00	3038,33
Consommation biochimique d'oxygène après 5 j. (CBO)	mg O ₂ /l	6 (P90)	0,00	0,50	0,86	1,54	2,30	1,03	0,50	0,50	0,86	1,66	2,00	0,85	0,25	0,50	1,51	2,32	12,00	0,68
Consommation chimique d'oxygène (CCO)	mg O ₂ /l	30 (P90)	19,00	20,80	32,64	48,40	81,00	34,63	19,00	20,60	31,48	43,20	56,00	29,33	13,00	20,40	34,60	58,40	80,00	24,50
Azote Kjeldahl	mg N/l		0,20	0,58	1,24	2,02	2,90	1,39	0,10	0,20	1,02	1,66	2,80	1,38	0,00	0,20	0,81	1,46	2,00	0,94
Ammonium	mg N/l		0,04	0,04	0,12	0,30	0,87	0,28	0,04	0,04	0,13	0,31	0,75	0,28	0,04	0,04	0,12	0,24	0,65	0,22
Nitrate	mg N/l		2,40	2,49	3,57	4,50	4,90	4,24	1,73	2,34	3,30	4,26	4,60	4,02	1,66	1,73	3,03	4,10	4,30	3,82
Nitrite	mg N/l	0,2 (moy) 0,6 (max)	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,04
Nitrate+nitrite+ammonium	mg N/l	0,49 (moy hiver)	2,45	2,56	3,70	4,89	5,22	4,54	1,78	2,41	3,44	4,59	5,19	4,32	1,71	1,79	3,16	4,31	4,99	4,07
Azote, total	mg N/l		3,20	3,46	4,84	6,34	6,80	5,15	2,80	2,90	4,36	5,86	6,20	5,42	0,00	2,50	3,71	5,14	5,70	4,80
Phosphore, total	mg P/l		0,00	0,27	0,48	0,87	1,00	0,63	0,00	0,24	0,39	0,62	0,90	0,53	0,00	0,21	0,29	0,48	0,66	0,27
Orthophosphate	mg P/l	0,07 (moy)	0,00	0,08	0,12	0,15	0,19	0,11	0,00	0,08	0,12	0,16	0,17	0,11	0,00	0,08	0,11	0,15	0,16	0,11
Sulfate	mg/l		0,00	130,00	375,36	656,00	750,00	297,88	0,00	238,00	512,40	720,00	870,00	371,67	0,00	332,00	614,40	886,00	1000,00	456,67
Cyanures, total	µg/l	50 (moy) 75 (max)	0,00	0,00	0,22	0,70	1,40	0,09	0,00	0,00	0,03	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,70	0,00
Substances en suspension	mg/l		0,00	39,40	109,68	264,00	290,00	154,63	0,00	27,00	94,16	196,20	350,00	145,83	0,00	19,80	54,52	113,40	193,00	42,00
Dureté, total	°F		0,00	0,00	30,24	118,00	150,00	10,88	0,00	0,00	46,28	166,00	220,00	24,50	0,00	0,00	50,80	188,00	250,00	30,00
Calcium, dissous	µg/l		0,00	0,00	46000,00	156000,00	180000,00	26250,00	0,00	0,00	55600,00	180000,00	230000,00	43333,33	0,00	0,00	56000,00	192000,00	250000,00	43333,33
Magnésium, dissous	µg/l		0,00	0,00	46520,00	198000,00	270000,00	10500,00	0,00	0,00	78600,00	282000,00	410000,00	32500,00	0,00	0,00	88000,00	324000,00	450000,00	46666,67
Argent, total	µg/l		0,00	0,08	0,14	0,34	0,54	0,25	0,00	0,08	0,11	0,15	0,38	0,15	0,00	0,08	0,08	0,08	0,15	0,08

Paramètre	Unité	NQE en vigueur 2013-2014	Points de mesure (résultats 2013 – 2014)																	
			159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
			Annexe 2.3.1 Vlare II	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max
Argent, dissous	µg/l	0,08 (moy)	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
Arsenic, total	µg/l		0,00	4,62	7,44	13,18	15,60	9,28	0,00	4,52	6,60	10,18	13,40	8,15	0,00	4,20	5,36	7,68	9,70	5,03
Arsenic, dissous	µg/l	3 (moy)	0,00	2,39	3,00	4,02	4,20	2,64	0,00	2,54	3,24	4,42	4,80	2,80	0,00	2,47	3,14	4,12	4,50	2,83
Bore, total	µg/l		0,00	100,0 0	577,2 0	1020,0 0	1200,0 0	430,00	0,00	332,0 0	832,0 0	1360,0 0	1600,0 0	583,33	0,00	466,0 0	968,0 0	1460,0 0	1700,0 0	705,00
Bore, dissous	µg/l	700 (moy)	0,00	100,0 0	528,8 0	876,00	1200,0 0	380,00	0,00	308,0 0	748,8 0	1220,0 0	1400,0 0	523,33	0,00	422,0 0	884,8 0	1360,0 0	1600,0 0	633,33
Baryum, total	µg/l		0,00	36,20	51,96	79,60	84,00	59,25	0,00	37,20	48,92	62,20	90,00	52,83	0,00	32,40	42,16	53,40	64,00	40,33
Baryum, dissous	µg/l	60 (moy)	0,00	24,40	33,32	43,20	52,00	30,13	0,00	26,00	34,16	45,20	52,00	29,50	0,00	26,40	32,84	41,60	50,00	29,33
Béryllium, total	µg/l		0,00	0,20	0,22	0,40	0,40	0,28	0,00	0,20	0,21	0,20	0,40	0,23	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
Béryllium, dissous	µg/l	0,08 (moy)	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
Cuivre, total	µg/l		0,00	2,84	8,40	16,84	21,00	11,83	0,00	2,00	6,71	12,66	17,80	9,30	0,00	2,00	5,54	10,28	24,00	8,38
Cuivre, dissous	µg/l	7 (moy)	0,00	1,00	1,95	2,00	7,00	1,50	0,00	1,00	2,03	2,00	7,50	1,50	0,00	2,00	2,04	2,00	6,00	2,00
Cadmium, total	µg/l		0,00	0,15	0,51	1,10	1,40	0,68	0,00	0,15	0,40	0,74	1,20	0,52	0,00	0,15	0,27	0,48	0,76	0,18
Cadmium, dissous	µg/l	0,2 (moy) 0,45 (max)	0,00	0,08	0,08	0,08	0,15	0,08	0,00	0,08	0,09	0,15	0,15	0,08	0,00	0,08	0,10	0,15	0,15	0,08
Cobalt, total	µg/l		0,00	0,96	2,17	4,66	6,00	3,19	0,00	0,81	1,69	3,42	5,00	2,58	0,00	0,54	1,08	2,04	2,76	1,20
Cobalt, dissous	µg/l	0,5 (moy)	0,00	0,20	0,40	0,77	0,90	0,56	0,00	0,20	0,43	0,85	1,37	0,51	0,00	0,20	0,24	0,49	0,63	0,31
Chrome, total	µg/l		0,00	3,88	11,70	27,52	35,00	18,06	0,00	2,84	8,91	20,60	28,40	14,52	0,00	1,92	5,41	11,52	15,10	5,65
Chrome, dissous	µg/l	5 (moy)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,85	0,50	8,10	0,58	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Mercure, total	µg/l		0,00	0,02	0,08	0,21	0,23	0,12	0,00	0,02	0,06	0,13	0,25	0,09	0,00	0,01	0,04	0,08	0,13	0,03
Mercure, dissous	µg/l	0,05 (moy) 0,07 (max)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Manganèse, total	µg/l		0,00	66,40	175,0 4	392,00	510,00	259,88	0,00	30,00	138,8 4	316,00	460,00	226,00	0,00	30,00	78,04	179,20	246,00	84,00
Manganèse, dissous	µg/l		0,00	15,00	24,52	50,40	104,00	38,63	0,00	15,00	30,56	81,00	107,00	32,50	0,00	15,00	15,60	15,00	30,00	20,00
Molybdène, total	µg/l		0,00	2,54	4,05	5,80	6,30	3,55	0,00	3,14	4,54	6,06	6,80	4,05	0,00	3,34	4,84	6,84	7,10	4,37
Molybdène, dissous	µg/l	340 (moy)	0,00	2,38	3,94	5,86	6,20	3,20	0,00	2,94	4,46	6,26	6,70	3,67	0,00	2,98	4,78	6,56	6,90	4,02
Nickel, total	µg/l		0,00	2,00	5,10	9,46	12,30	6,93	0,00	2,00	3,93	8,14	10,00	6,22	0,00	2,00	2,72	5,52	6,10	2,80
Nickel, dissous	µg/l	8,6 (moy) 34 (max)	0,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00	0,00	1,40	1,98	2,00	5,60	2,00	0,00	1,00	1,80	2,00	2,00	2,00
Plomb, total	µg/l		0,00	3,88	12,54	30,60	37,00	18,65	0,00	3,40	9,39	20,20	35,40	14,58	0,00	2,18	5,50	11,74	19,00	5,23
Plomb, dissous	µg/l	1,3 (moy) 14 (max)	0,00	0,25	0,29	0,25	1,40	0,25	0,00	0,25	0,67	0,25	6,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25

Paramètre	Unité	NQE en vigueur 2013-2014	Points de mesure (résultats 2013 – 2014)																	
			159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
			Annexe 2.3.1 Vlare II	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max
Antimoine, total	µg/l		0,00	0,50	1,00	1,46	1,70	0,98	0,00	0,50	0,91	1,25	1,50	0,96	0,00	0,50	0,72	1,15	1,24	0,69
Antimoine, dissous	µg/l	100 (moy)	0,00	0,50	0,79	1,24	1,44	0,60	0,00	0,50	0,71	1,10	1,19	0,68	0,00	0,50	0,55	0,81	1,08	0,59
Sélénium, total	µg/l		0,00	1,00	2,22	3,56	4,30	2,21	0,00	1,00	2,03	3,56	4,30	1,83	0,00	1,00	1,80	3,24	3,60	1,35
Sélénium, dissous	µg/l	2 (moy)	0,00	0,70	1,01	1,00	2,20	0,94	0,00	0,70	1,04	1,00	2,60	0,92	0,00	1,00	1,12	2,06	2,30	0,92
Étain, total	µg/l		0,00	0,50	1,65	2,76	5,80	1,94	0,00	0,50	1,44	2,00	3,20	1,17	0,00	0,50	1,38	2,00	6,00	1,00
Étain, dissous	µg/l	3 (moy)	0,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Tellure, total	µg/l		0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Tellure, dissous	µg/l	100 (moy)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Titane, total	µg/l		0,00	5,90	71,32	196,00	210,00	106,44	0,00	5,90	54,64	136,00	210,00	87,33	0,00	3,90	37,12	84,20	120,00	39,00
Titane, dissous	µg/l	20 (moy)	0,00	0,50	0,52	0,50	1,00	0,50	0,00	0,20	0,44	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50
Thallium, total	µg/l		0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Thallium, dissous	µg/l	0,2 (moy)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Uranium, total	µg/l		0,00	0,70	1,71	1,78	11,50	2,74	0,00	1,18	1,86	1,97	11,30	3,15	0,00	1,32	1,68	2,01	4,00	2,22
Uranium, dissous	µg/l	1 (moy)	0,00	0,50	1,09	1,54	1,64	1,05	0,00	0,50	1,22	1,62	1,70	1,14	0,00	1,05	1,39	1,78	1,85	1,31
Vanadium, total	µg/l		0,00	7,08	14,16	29,72	35,00	19,65	0,00	6,34	11,76	22,60	30,90	16,72	0,00	5,38	8,38	14,30	19,10	8,33
Vanadium, dissous	µg/l	4 (moy)	0,00	2,32	3,01	3,90	4,50	2,63	0,00	2,43	3,51	4,86	9,90	2,73	0,00	2,31	3,05	4,00	4,90	2,69
Zinc, total	µg/l		0,00	23,96	55,80	114,20	152,00	80,59	0,00	21,40	42,52	85,60	117,00	64,80	0,00	15,76	28,32	52,20	71,00	28,97
Zinc, dissous	µg/l	20 (moy)	0,00	3,50	7,06	11,30	33,00	5,88	0,00	3,50	7,38	16,60	35,00	4,58	0,00	5,00	5,78	10,00	15,00	5,00
Silicium, dissous	µg/l		0,00	2040,00	4700,00	7060,00	9000,00	6887,50	0,00	1740,00	4536,00	7160,00	11000,00	6583,33	0,00	1540,00	3692,00	6560,00	8000,00	5783,33

Les résultats < au seuil de détection ont été assimilés au seuil de détection / 2
Dépassement de la NQE

Tableau 2-6 Qualité de l'eau et évaluation par rapport à la norme de qualité environnementale (NQE) aux points de mesure en amont et en aval du point de déversement de la CND dans l'Escaut – Période 2015-2020

Paramètre	Paramètre	Unité	NQE	Points de mesure (résultats 2015 - 2020)																	
				159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
				Annexe 2.3.1 Vlare II	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max	Moy hiver	Min	P10	Moy	P90	Max
T	Température	°C	25 (max)	4,70	6,82	13,79	21,47	25,00	7,90	5,30	7,14	13,74	21,50	24,50	8,14	5,10	7,04	13,63	21,08	25,20	7,68
pH	pH	-	Entre 7,5 et 9	7,60	7,70	7,81	7,90	8,00	7,79	7,70	7,80	7,86	8,00	8,00	8,07	7,70	7,80	7,91	8,00	8,00	7,89
O ₂	Oxygène, dissous	mg/l	6 (P10)	5,10	6,40	8,09	9,57	10,40	9,29	0,00	6,80	8,35	10,06	10,50	9,53	0,00	7,22	8,82	10,58	11,20	10,14
EC 20	Conductivité (20 °C)	µS/cm		691,00	2644,00	10860,84	18869,00	23300,00	8549,39	1625,00	5122,00	13873,77	21126,00	24400,00	9284,04	0,00	7184,00	15642,70	23480,00	26500,00	13786,11

Paramètre	Paramètre	Unité	NQE	Points de mesure (résultats 2015 - 2020)																	
				159000 – en amont					157000 – en amont					1574100 – en aval							
				93,0 0	723,0 0	3955,5 2	7810,0 0	8800,0 0	3119,61	0,00	1570, 00	5019,6 9	8100,0 0	9400,0 0	3348,21	0,00	2263, 00	5917,5 0	9400,0 0	11000, 00	5066,11
Cl-	Chlorure	mg/l																			
CBO5	Consommation biochimique d'oxygène après 5 j. (CBO)	mg O ₂ /l	6 (P90)	0,25	0,50	1,22	1,90	4,10	1,35	0,00	0,50	1,08	1,70	2,40	2,68	0,00	0,50	1,06	1,67	2,30	1,24
CCO	Consommation chimique d'oxygène	mg O ₂ /l	30 (P90)	0,00	3,00	29,39	53,70	78,00	22,39	0,00	6,00	32,89	58,60	86,00	23,32	0,00	0,00	36,09	75,70	130,00	34,50
KjN	Azote Kjeldahl	mg N/l		0,00	0,00	0,63	1,75	3,20	0,96	0,00	0,00	0,54	1,50	2,70	2,27	0,00	0,00	0,53	1,40	2,40	0,68
NH4+	Ammonium	mg N/l		0,03	0,03	0,14	0,33	0,55	0,21	0,00	0,03	0,13	0,27	0,47	1,71	0,00	0,03	0,13	0,26	0,45	0,17
NO3-	Nitrate	mg N/l		0,20	1,19	3,06	4,80	5,50	3,52	0,00	0,53	2,65	4,56	5,10	3,88	0,00	0,26	2,30	4,27	5,10	2,74
NO2-	Nitrite	mg N/l	0,2 (moy) 0,6 (max)	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,04	0,00	0,01	0,02	0,06	0,09	1,58	0,00	0,01	0,03	0,07	0,09	0,04
NO3- + NO2- + NH4+	Nitrate+nitrite+ammonium	mg N/l	0,49 (moy hiver)	0,33	1,41	3,22	5,06	5,93	3,76	0,00	0,80	2,81	4,74	5,35	4,08	0,00	0,46	2,46	4,41	5,33	2,95
N t	Azote, total	mg N/l		2,00	2,60	3,93	5,47	6,60	4,57	0,00	2,20	3,53	4,96	5,50	4,98	0,00	1,90	3,12	4,37	5,30	3,57
P t	Phosphore, total	mg P/l		0,13	0,24	0,43	0,67	1,47	0,41	0,00	0,24	0,37	0,49	1,34	1,87	0,12	0,19	0,28	0,41	0,57	0,30
oPO4	Orthophosphate	mg P/l	0,07 (moy)	0,00	0,00	0,06	0,15	0,24	0,06	0,00	0,00	0,06	0,15	0,19	1,59	0,00	0,00	0,05	0,14	0,18	0,06
SO4	Sulfate	mg/l		65,0 0	160,0 0	612,16	1128,0 0	1300,0 0	492,61	0,00	269,0 0	762,75	1256,0 0	1500,0 0	521,93	0,00	177, 369,9 0	904,48 0	1400,0 0	1700,0 0	759,78
SS	Substances en suspension	mg/l		19,0 0	33,00	116,84	260,00	1060,0 0	151,06	0,00	32,00	85,65	152,00	340,00	82,66	0,00	23,65	51,36	95,40	163,00	62,51
H t	Dureté, total	°F		0,00	0,00	48,59	167,00	260,00	49,67	0,00	0,00	81,00	260,00	330,00	37,38	0,00	0,00	133,06	320,00	380,00	116,89
Ca d	Calcium, dissous	µg/l		0,00	0,00	54190, 48	194000, 00	255000, 00	61555,5 6	0,00	0,00	88158, 73	260600, 00	299000, 00	45612,6 6	0,00	0,00	124619, 05	297000, 00	331000, 00	124111, 11
Mg d	Magnésium, dissous	µg/l		0,00	0,00	74366, 67	298200, 00	458000, 00	83500,0 0	0,00	0,00	147190, 48	480000, 00	612000, 00	59279,3 2	0,00	0,00	216761, 90	590000, 00	716000, 00	207277, 78
Ag t	Argent, total	µg/l		0,00	0,05	0,14	0,26	1,00	0,13	0,00	0,05	0,10	0,17	0,45	1,66	0,00	0,03	0,07	0,10	0,15	0,09
Ag d	Argent, dissous	µg/l	0,08 (moy)	0,00	0,03	0,05	0,10	0,10	0,06	0,00	0,03	0,06	0,10	0,12	1,60	0,00	0,03	0,05	0,10	0,10	0,06
As t	Arsenic, total	µg/l		0,00	3,86	6,47	10,37	15,60	6,15	0,00	3,80	5,84	7,90	14,10	6,41	0,00	3,60	4,79	6,22	8,40	4,75
As d	Arsenic, dissous	µg/l	3 (moy)	0,00	2,07	3,19	4,58	5,10	2,71	0,00	2,31	3,31	4,50	5,10	3,90	0,00	2,29	3,15	4,48	5,00	2,93
B t	Bore, total	µg/l		50,0 0	203,1 0	887,92	1584,0 0	2110,0 0	692,39	0,00	340,0 0	1124,1 1	1906,0 0	2170,0 0	764,32	0,00	210, 520,0	1335,6 2	2150,0 0	2370,0 0	1131,76
B d	Bore, dissous	µg/l	700 (moy)	0,00	148,8 0	846,62	1528,0 0	2110,0 0	707,50	0,00	334,0 0	1130,7 8	1992,0 0	2250,0 0	779,32	0,00	414,0 0	1224,2 1	2148,0 0	2430,0 0	1150,00
Ba t	Baryum, total	µg/l		0,00	29,00	41,22	59,70	74,00	37,72	0,00	28,00	38,47	54,60	65,00	33,82	0,00	28,20	34,44	46,60	62,00	34,41
Ba d	Baryum, dissous	µg/l	60 (moy)	0,00	20,36	30,47	41,80	63,00	27,22	0,00	23,20	31,42	42,80	59,00	25,68	0,00	21,36	29,01	42,40	55,00	28,67
Be t	Béryllium, total	µg/l		0,00	0,08	0,15	0,20	0,61	0,16	0,00	0,08	0,14	0,20	0,52	1,68	0,00	0,08	0,12	0,20	0,23	0,14
Be d	Béryllium, dissous	µg/l	0,08 (moy)	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	0,11	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	1,64	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	0,11
Cu t	Cuivre, total	µg/l		0,00	4,70	8,64	15,94	32,10	8,44	0,00	2,50	7,52	13,34	31,00	7,73	0,00	2,00	5,51	8,78	11,60	6,08
Cu d	Cuivre, dissous	µg/l	7 (moy)	0,00	2,00	2,57	3,80	6,40	2,61	0,00	2,00	2,65	3,75	8,90	3,51	0,00	2,00	3,09	4,49	13,30	2,80
Cd t	Cadmium, total	µg/l		0,00	0,15	0,39	0,78	1,37	0,34	0,00	0,12	0,31	0,50	1,07	1,80	0,00	0,10	0,22	0,34	0,64	0,22

Paramètre	Paramètre	Unité	NQE	Points de mesure (résultats 2015 - 2020)																	
				159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
Cd d	Cadmium, dissous	µg/l	0,2 (moy) 0,45 (max)	0,00	0,05	0,09	0,15	0,26	0,07	0,00	0,05	0,10	0,21	0,30	1,62	0,00	0,05	0,11	0,22	0,60	0,13
Co t	Cobalt, total	µg/l		0,00	0,85	2,11	4,10	8,80	2,34	0,00	0,74	1,70	2,79	7,60	3,17	0,00	0,46	1,01	1,74	2,84	1,31
Co d	Cobalt, dissous	µg/l	0,5 (moy)	0,00	0,16	0,42	0,70	0,96	0,59	0,00	0,20	0,36	0,62	0,92	1,96	0,00	0,10	0,26	0,45	0,78	0,38
Cr t	Chrome, total	µg/l		0,00	2,08	9,17	19,04	32,00	10,26	0,00	2,00	7,19	12,86	27,60	8,43	0,00	1,50	4,06	8,00	18,60	5,51
Cr d	Chrome, dissous	µg/l	5 (moy)	0,00	0,50	0,64	0,75	1,50	0,67	0,00	0,50	0,69	0,75	2,04	2,09	0,00	0,50	0,67	0,75	1,50	0,71
Hg t	Mercure, total	µg/l		0,01	0,02	0,06	0,14	0,25	0,06	0,00	0,02	0,05	0,09	0,24	1,59	0,01	0,01	0,03	0,07	0,12	0,04
Hg d	Mercure, dissous	µg/l	0,05 (moy) 0,07 (max)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	1,55	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mn t	Manganèse, total	µg/l		30,0 0	52,00	155,89	318,30	590,00	181,44	0,00	33,00	119,46	222,00	500,00	129,66	15,0 0	30,00	67,55	132,60	209,00	90,95
Mn d	Manganèse, dissous	µg/l		0,00	5,96	24,55	49,70	98,00	37,87	0,00	5,58	19,32	31,00	115,00	29,94	0,00	3,09	12,54	16,17	67,00	19,89
Mo t	Molybdène, total	µg/l		0,00	2,50	5,01	7,77	8,50	4,28	0,00	2,80	5,46	8,20	8,80	5,62	0,00	3,01	5,96	8,68	9,60	5,45
Mo d	Molybdène, dissous	µg/l	340 (moy)	0,00	2,28	4,83	7,58	8,60	4,43	0,00	2,64	5,46	8,08	9,00	5,61	0,00	2,70	5,55	8,40	9,30	5,53
Ni t	Nickel, total	µg/l		0,00	2,00	5,72	10,57	18,40	5,81	0,00	1,85	4,90	8,64	17,00	5,40	0,00	1,75	3,66	6,24	10,80	4,09
Ni d	Nickel, dissous	µg/l	8,6 (moy) 34 (max)	0,00	1,50	2,41	3,80	7,50	2,51	0,00	1,15	2,45	3,80	7,40	3,46	0,00	1,00	2,00	3,60	6,90	2,11
Pb t	Plomb, total	µg/l		0,00	2,72	9,15	19,31	40,70	9,69	0,00	2,20	7,00	11,94	32,80	8,80	0,00	1,50	3,81	7,92	13,60	5,05
Pb d	Plomb, dissous	µg/l	1,3 (moy) 14 (max)	0,00	0,25	0,30	0,50	0,75	0,31	0,00	0,25	0,31	0,50	0,75	1,81	0,00	0,25	0,36	0,50	3,80	0,49
Sb t	Antimoine, total	µg/l		0,00	0,50	0,79	1,38	1,80	0,81	0,00	0,50	0,76	1,80	1,80	2,23	0,00	0,50	0,78	1,80	1,80	0,81
Sb d	Antimoine, dissous	µg/l	100 (moy)	0,00	0,50	0,66	1,06	1,80	0,66	0,00	0,50	0,67	1,09	1,80	2,10	0,00	0,50	0,64	1,17	1,80	0,65
Se t	Sélénium, total	µg/l		0,00	0,65	1,28	2,40	3,70	1,22	0,00	0,46	1,27	2,96	4,20	2,67	0,00	0,33	1,12	2,70	4,30	1,08
Se d	Sélénium, dissous	µg/l	2 (moy)	0,00	0,33	0,94	2,49	3,80	0,72	0,00	0,33	1,14	2,87	4,30	2,35	0,00	0,33	1,04	2,60	4,00	0,82
Sn t	Étain, total	µg/l		0,00	0,33	0,70	1,00	3,16	0,74	0,00	0,33	0,66	0,99	2,80	2,14	0,00	0,33	0,55	0,98	1,00	0,65
Sn d	Étain, dissous	µg/l	3 (moy)	0,00	0,33	0,45	0,75	0,98	0,47	0,00	0,33	0,46	0,75	0,98	1,96	0,00	0,33	0,45	0,75	0,98	0,47
Te t	Tellure, total	µg/l		0,00	0,50	0,79	0,75	2,25	0,83	0,00	0,50	0,83	2,25	2,25	2,25	0,00	0,50	0,88	2,25	2,25	0,93
Te d	Tellure, dissous	µg/l	100 (moy)	0,00	0,50	0,69	0,75	2,25	0,71	0,00	0,50	0,75	1,28	2,25	2,13	0,00	0,50	0,71	1,28	2,25	0,71
Ti t	Titane, total	µg/l		0,00	15,37	57,74	115,90	222,00	60,32	0,00	11,82	46,07	89,60	192,00	46,02	0,00	9,40	26,76	56,76	91,00	34,19
Ti d	Titane, dissous	µg/l	20 (moy)	0,00	0,50	0,81	1,00	2,00	0,92	0,00	0,50	0,80	1,00	1,00	2,21	0,00	0,50	0,90	1,00	9,80	1,32
Tl t	Thallium, total	µg/l		0,00	0,05	0,22	0,50	0,50	0,22	0,00	0,05	0,22	0,50	0,50	1,75	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	0,21
Tl d	Thallium, dissous	µg/l	0,2 (moy)	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	0,20	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	1,74	0,00	0,03	0,19	0,50	0,50	0,19
U t	Uranium, total	µg/l		0,00	0,98	1,38	1,87	1,95	1,27	0,00	1,14	1,55	1,99	2,26	2,72	0,00	1,14	1,57	2,05	2,29	1,56

Paramètre	Paramètre	Unité	NQE	Points de mesure (résultats 2015 - 2020)																	
				159000 – en amont						157000 – en amont						1574100 – en aval					
U d	Uranium, dissous	µg/l	1 (moy)	0,00	0,50	1,18	1,67	1,90	1,09	0,00	0,98	1,40	1,87	2,06	2,57	0,00	1,04	1,45	1,94	2,09	1,42
V t	Vanadium, total	µg/l		0,00	4,70	10,83	19,31	31,00	10,94	0,00	4,70	9,18	15,24	27,00	9,62	0,00	4,00	6,47	10,16	15,60	7,11
V d	Vanadium, dissous	µg/l	4 (moy)	0,00	1,20	2,74	3,90	4,60	2,38	0,00	1,20	2,77	4,04	5,20	3,49	0,00	1,20	2,52	3,88	4,70	2,45
Zn t	Zinc, total	µg/l		0,00	20,00	47,26	92,00	194,00	49,13	0,00	20,00	38,06	60,20	155,00	37,01	0,00	11,25	23,79	33,90	56,00	30,49
Zn d	Zinc, dissous	µg/l	20 (moy)	0,00	3,75	7,44	11,97	20,00	8,48	0,00	3,75	7,03	11,92	21,00	8,02	0,00	3,75	7,71	13,70	20,00	7,91
Si d	Silicium, dissous	µg/l		0,00	1800,00	3568,73	5380,00	7100,00	4866,67	0,00	1600,00	3247,46	5100,00	6600,00	3929,32	0,00	1400,00	2966,83	5060,00	6700,00	4111,11
Les résultats < au seuil de détection ont été assimilés au seuil de détection / 2 Dépassement de la NQE																					

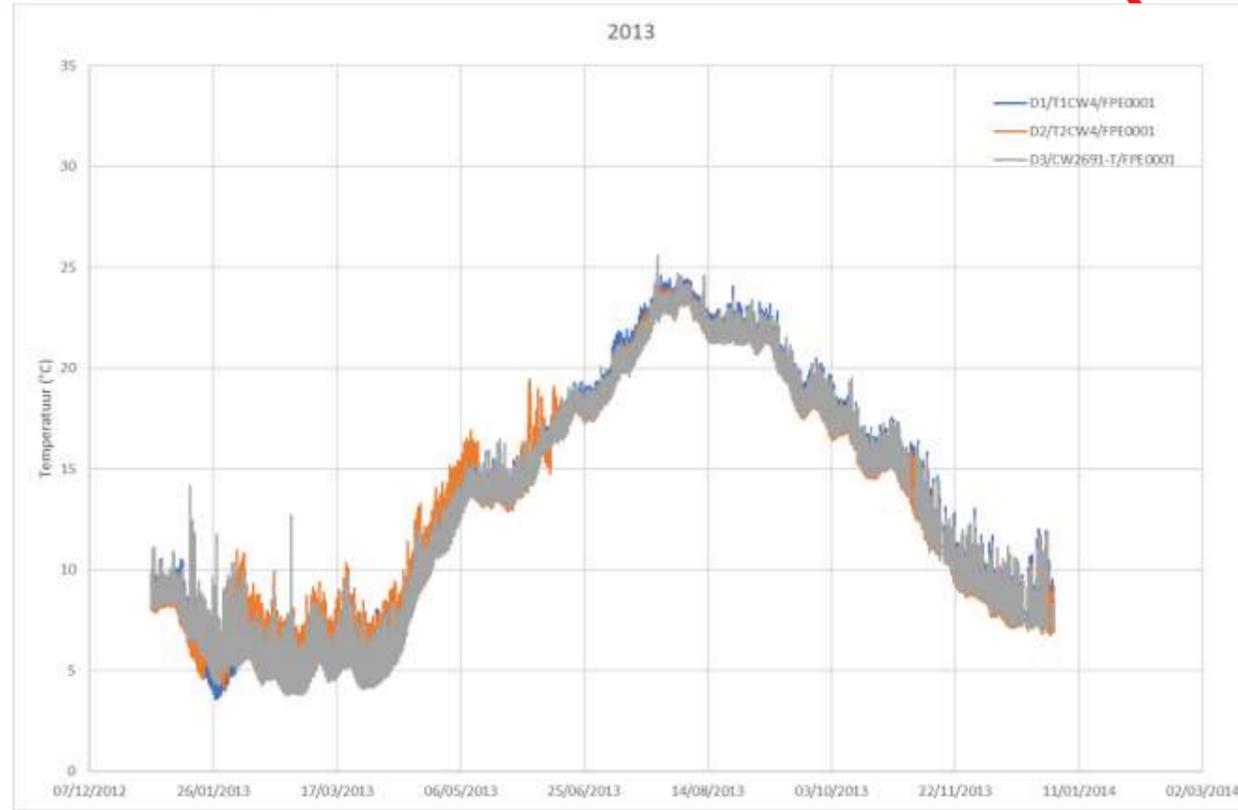


Figure 2-5 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) - 2013

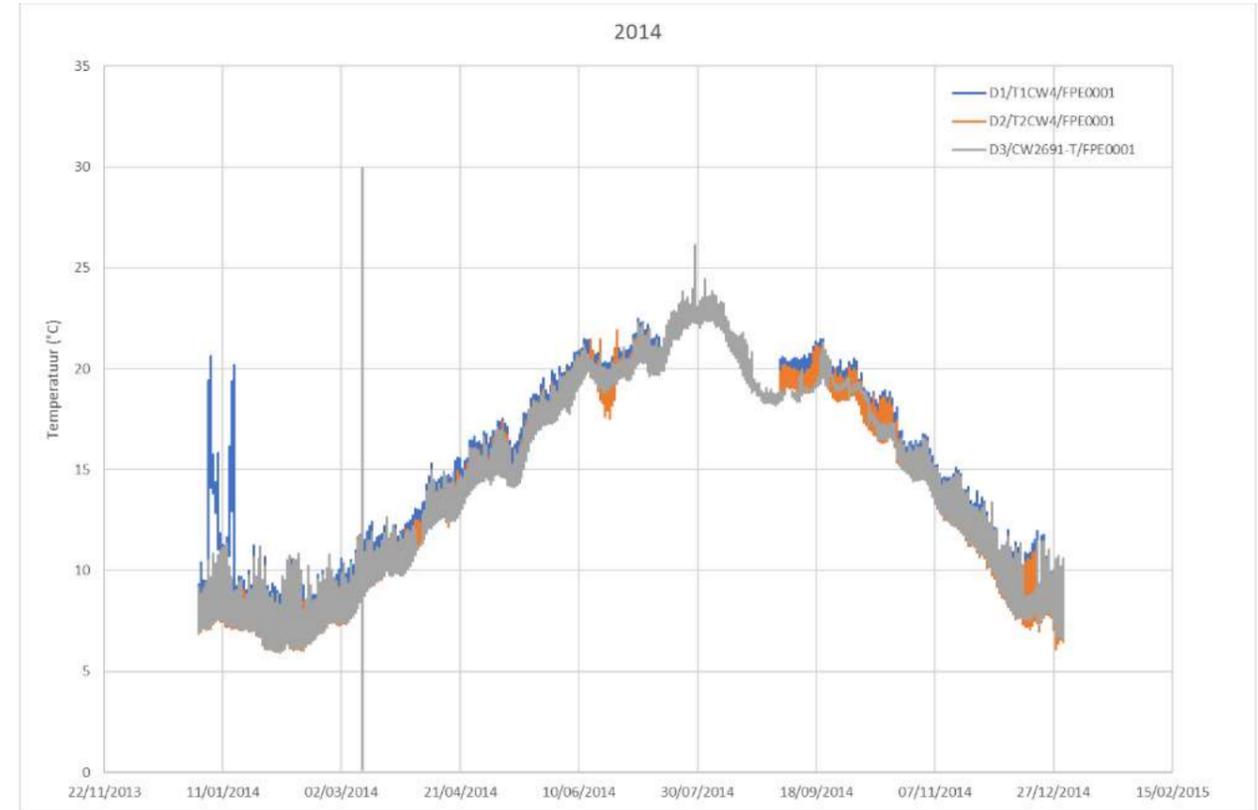


Figure 2-6 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2014

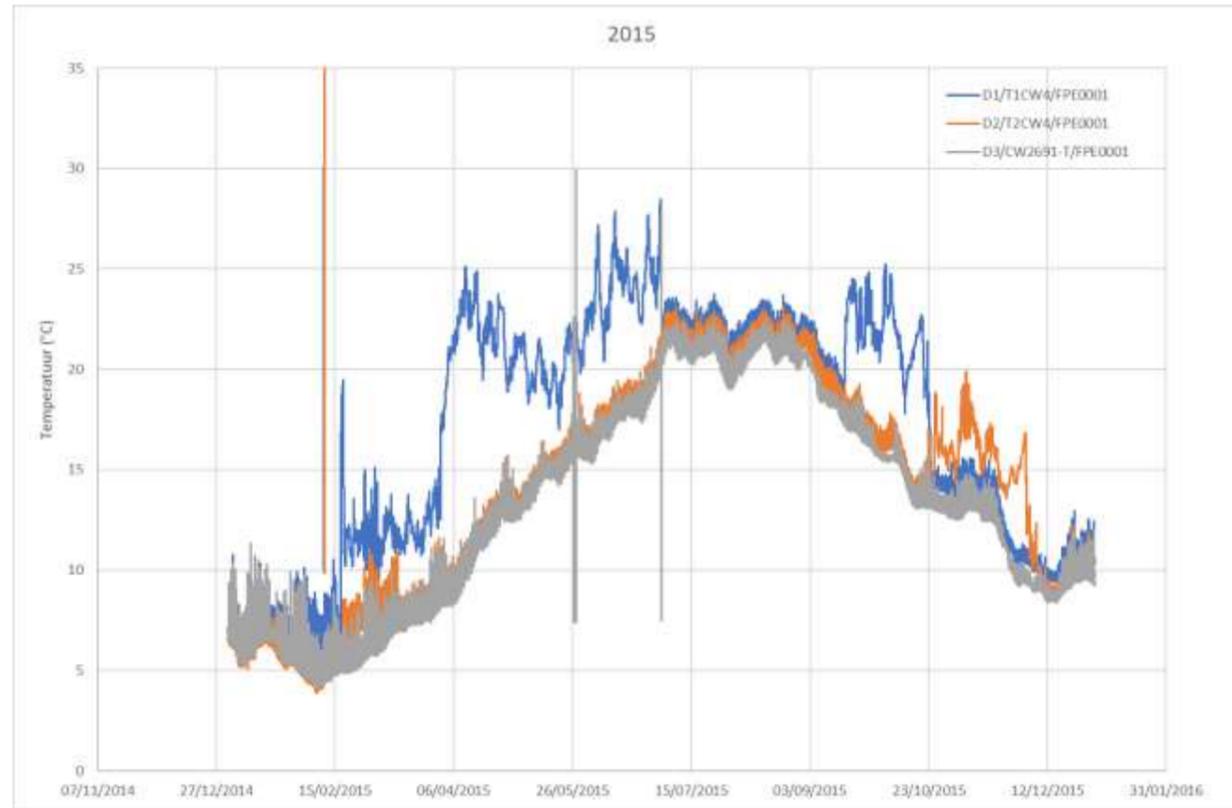


Figure 2-7 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2015

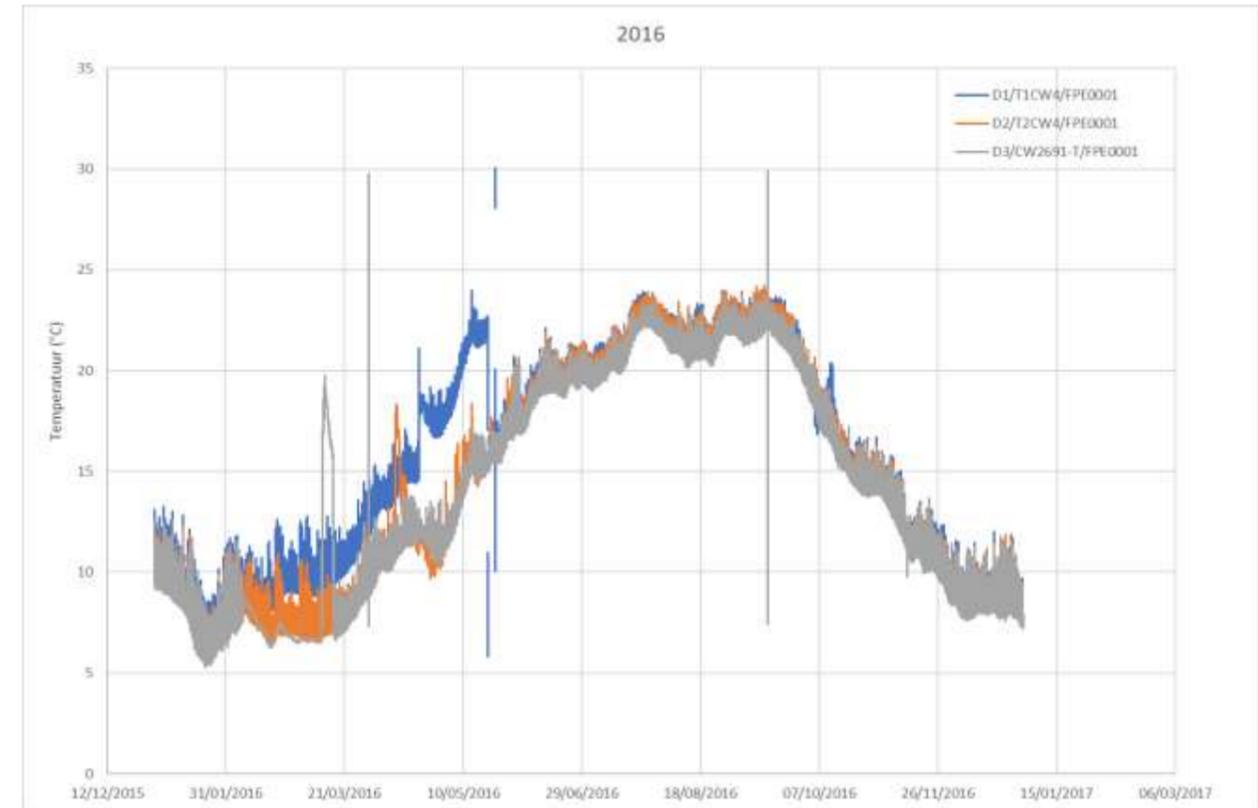


Figure 2-8 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2016

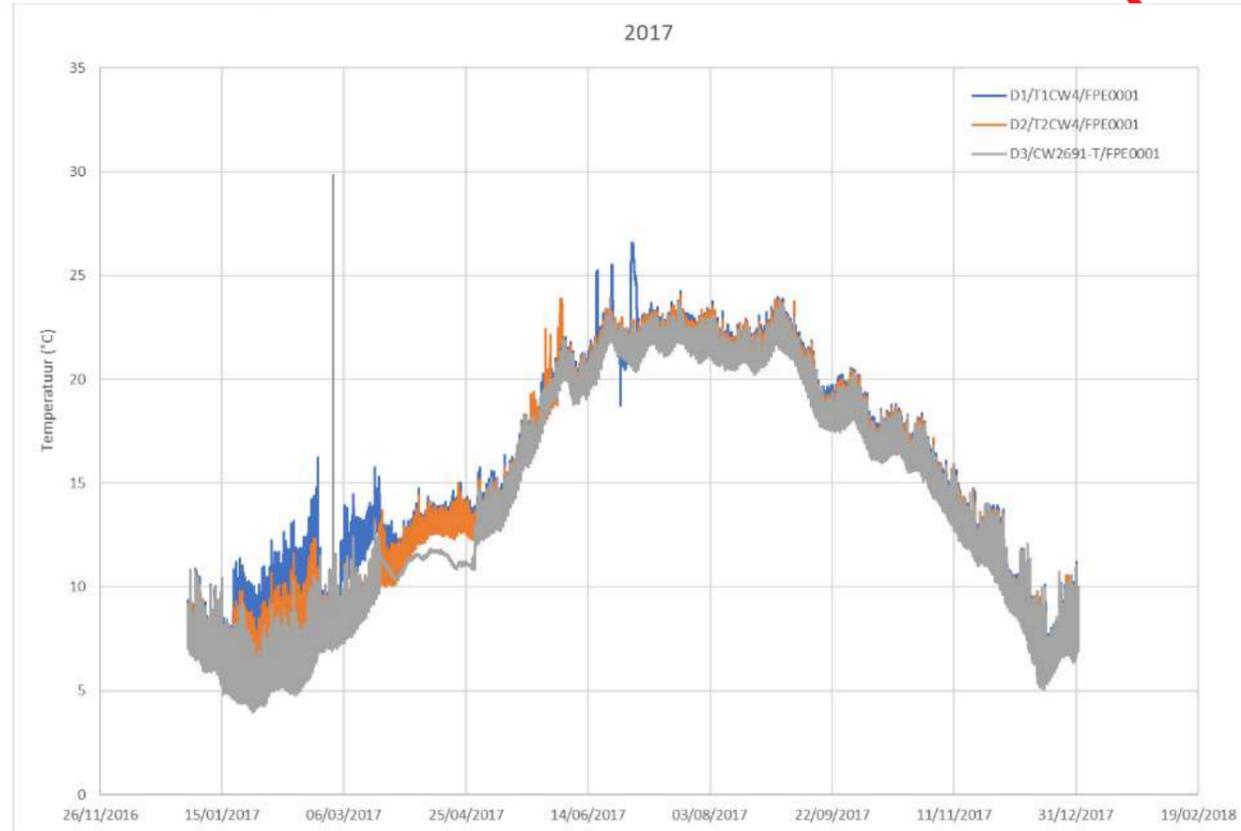


Figure 2-9 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2017

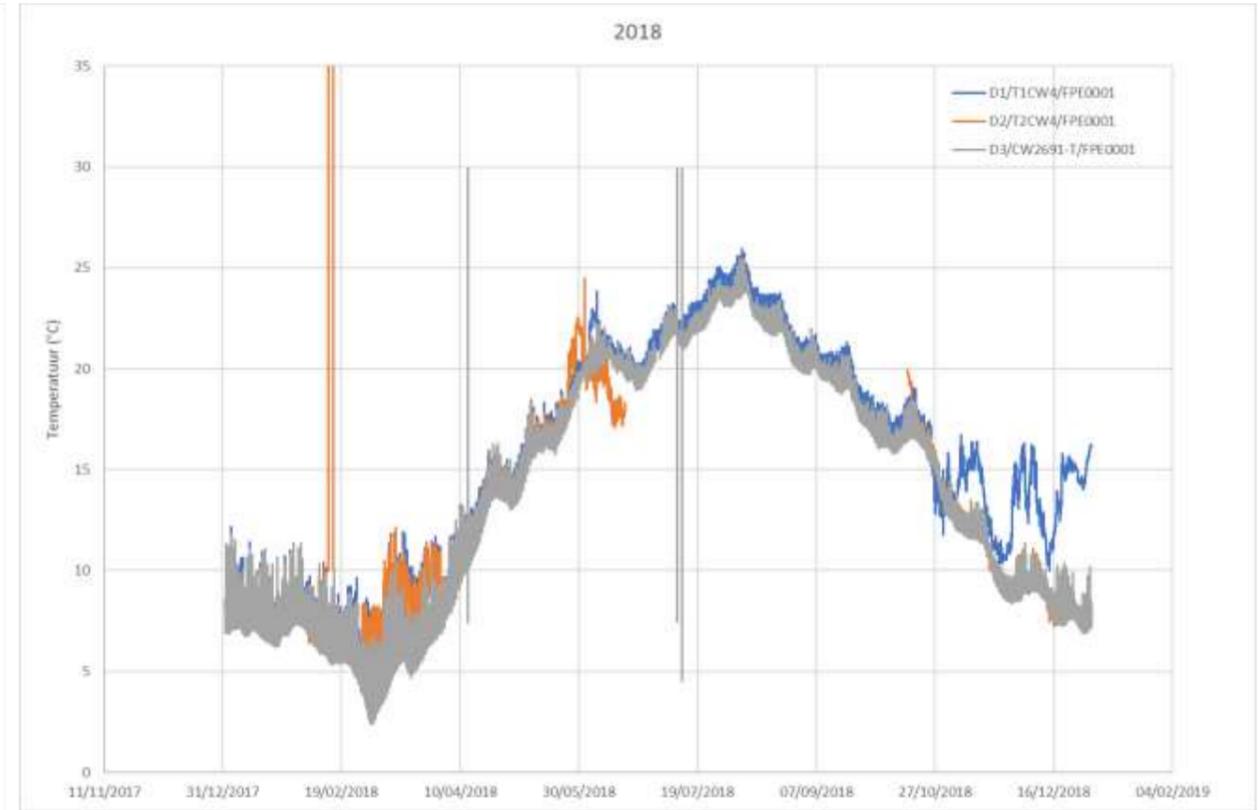


Figure 2-10 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2018

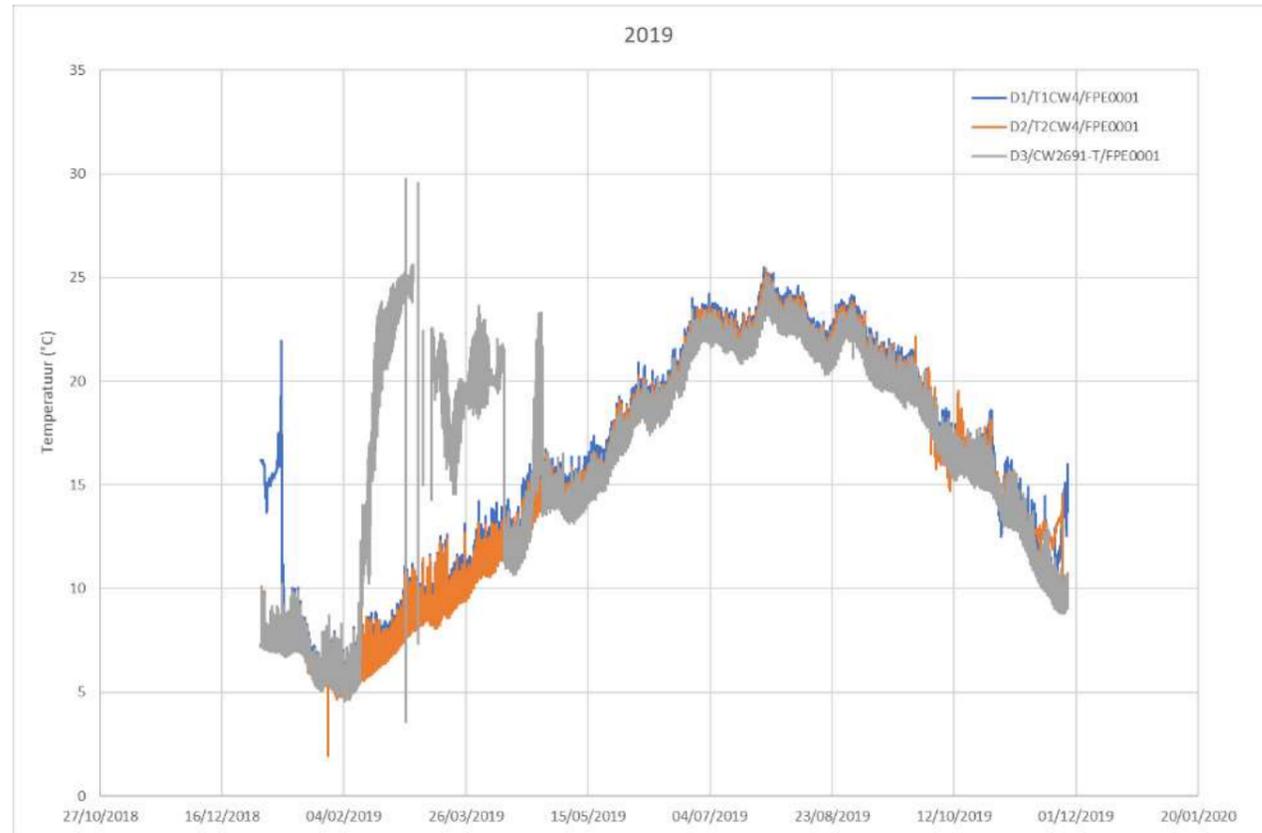


Figure 2-11 Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2019

2.2.2.2.3 Indice de Prati pour l'oxygène dissous (PIO)

Pour évaluer la qualité de l'eau, la VMM utilise notamment l'indice de Prati pour l'oxygène dissous (PIO). Il s'agit d'un paramètre supplémentaire qui indique la classe de qualité du bilan d'oxygène dans les eaux superficielles.

Le chercheur italien Prati a développé une formule de transformation pour divers paramètres afin de convertir une valeur mesurée en un indice de qualité comparable. La classe de qualité peut être déterminée sur la base de cet indice. L'indice de qualité pour l'oxygène dissous est un chiffre compris entre 0,1 et >16 (cf. Tableau 2-7). Les chiffres obtenus sont répartis dans les classes 1 à 6, qui évaluent la qualité de l'eau de « non polluée » (classe 1) à « très fortement polluée » (classe 6). Le Tableau 2-8 montre le PIO aux points de mesure considérés pour la période 1994-2019.

On constate une amélioration progressive de la qualité de l'eau en fonction du temps à tous les points de mesure. Aux points de mesure 159000 et 157000 en amont, la qualité passe de « polluée » à « acceptable ». Au point de mesure 154100, elle passe de « polluée » à « non polluée ». On constate également une amélioration du bilan d'oxygène en aval de la CND.

Tableau 2-7 Indice de Prati selon l'oxygène : classes

Classe	Indice	Description
1	0,1 – 1	Non polluée
2	1 – 2	Acceptable
3	2 – 4	Moyennement polluée
4	4 – 8	Polluée
5	8 – 16	Fortement polluée
6	> 16	Très fortement polluée

Tableau 2-8 Indice de Prati selon l'oxygène

Station de mesure	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
159 000 (en amount)		7,1	5,45	6,26	4,88	5,5	4,74	5,51	4,63	3,75	3,97	4,45	4,78	3,29	3,13	2,42	2,4	1,99	1,96	2,16	2,02	1,72	2,06	1,66	1,7	1,32
157 000 (en amount)		5,48	4,36	5,08	3,96	4,64	4,49	4,72	3,5	2,75	3,02	3,04	3,15	2,5	2,51	1,95	1,8	1,5	1,5	1,53	1,56	1,34	1,61	1,25	1,26	1,04
154 100 (en aval)	4,65			4,13	3,13	3,91	3,59	4,39	3	2,29	2,68	1,98	1,5	1,43	1,51	1,35	1,28	0,9	0,88	0,85	1,01	0,84	1,1	0,85	0,66	0,76

2.2.2.2.4 Indice biotique belge (IBB)

La VMM détermine également la qualité biologique des eaux superficielles. L'étude biologique évalue le cours d'eau en tant que biotope, plutôt que d'examiner uniquement la qualité de la colonne d'eau. La qualité biologique des eaux douces de surface est déterminée à l'aide de la méthode de l'Indice biotique belge (IBB). Pour déterminer l'IBB, des macro-invertébrés sont prélevés dans le fond et dans l'eau à l'aide d'une épuisette. La présence ou l'absence de certains macro-invertébrés déterminent l'IBB. L'indice biotique est fonction de la sensibilité relative de certaines espèces indicatrices à la pollution, d'une part, et à la diversité, d'autre part. Contrairement aux analyses chimiques, qui reflètent le moment où l'échantillon d'eau est prélevé, la détermination biologique évalue les effets de la pollution qui se sont produits sur une plus longue durée. Une valeur de 10 (très bonne qualité) à 0 (très mauvaise qualité) est attribuée dans le cadre de cette évaluation.

Aucune valeur IBB n'est disponible pour les points de mesure 159000, 157000 et 154100. L'IBB est un instrument de mesure développé pour l'évaluation des eaux douces de surface ; il ne fournit pas de résultats exploitables pour les eaux saumâtres et salines.

2.2.2.2.5 Conclusion relative à la qualité de l'eau

Sur la base de toutes les données ci-dessus issues du réseau de mesure de la VMM, on peut généralement conclure que l'Escaut, tant en amont qu'en aval du point de déversement de la CND, ne satisfait pas à tous les objectifs de qualité. Les paramètres les plus critiques sont la température (quelques jours au-dessus de 25 °C en été), l'oxygène dissous (valeur P10 de 6 mg O₂/l pas toujours respectée), la consommation chimique d'oxygène (CCO), le nitrate+nitrite+ammonium, le bore, l'arsenic, le béryllium, le cadmium et l'uranium dissous. Sur la base de l'indice de Prati pour l'oxygène dissous, on constate toutefois une amélioration progressive du bilan d'oxygène en fonction du temps à tous les points de mesure. On constate également une amélioration du bilan d'oxygène en aval de la CND. Cela peut s'expliquer par le flux tidal plus important vers l'aval.

Le Doorloop adjacent à la CND ne satisfait pas non plus à tous les objectifs de qualité. Les paramètres les plus critiques sont le phosphore total et l'uranium dissous.

2.2.2.3 Cartes d'évaluation aquatique : sensibilité aux inondations, à l'infiltration, à l'écoulement souterrain et à l'érosion et localisation dans un lit majeur

Le site industriel de la CND se situe dans une zone qui est, selon les cartes d'évaluation aquatique, décrite comme :

- non sensible aux inondations. Les polders de basse altitude à l'ouest de la CND sont décrits comme potentiellement sensibles aux inondations ;
- non sensible à l'infiltration ;
- très sensible à l'écoulement souterrain (type 1) ;
- comportant des pentes de 0,5 % ou de 0,5 à 5 % ;
- non située dans un lit majeur.

2.2.2.4 Approvisionnement en eau/bilan hydrologique

Les bilans hydrologiques de la CND pour la situation de départ 2013 et 2014 sont présentés respectivement à la Figure 2-12 et à la Figure 2-13. Ces bilans hydrologiques sont également représentatifs de la période 2015-2019, car l'exploitation de la CND n'a pas changé par rapport à la

situation de départ. Par conséquent, les bilans hydrologiques pour cette période ne sont pas inclus séparément dans l'EIE.

La CND utilise les sources d'eau ci-dessous.

- Eau de distribution (eau de ville) : principalement utilisée pour la production d'eau déminéralisée servant à la production de vapeur dans le circuit secondaire, pour le réapprovisionnement des bassins de refroidissement et à des fins sanitaires. En 2013 et 2014, la CND a consommé respectivement 299 011 m³ et 338 727 m³ d'eau de distribution. La différence de consommation entre 2014 et 2013 est due au fait que la centrale a uniquement utilisé de l'eau de ville (et pas d'eau de l'Escaut) pour la production d'eau de traitement en 2014, ainsi qu'à l'augmentation de la consommation à des fins sanitaires en 2014.
- Eau de l'Escaut : presque exclusivement utilisée comme eau de refroidissement dans le circuit tertiaire. L'eau de refroidissement est extraite de l'Escaut et rejetée dans l'Escaut après utilisation. Une partie de l'eau de refroidissement s'évapore dans deux tours de refroidissement (Doel 3 et Doel 4). En 2013, 1 191 981 940 m³ d'eau de refroidissement ont été pompés de l'Escaut, dont 1 172 731 154 m³ ont été rejetés dans le fleuve. En 2014, 1 240 058 030 m³ d'eau de refroidissement ont été pompés de l'Escaut, dont 1 230 973 030 m³ ont ensuite été rejetés. Une très faible proportion des eaux superficielles est utilisée pour produire de l'eau de traitement par distillation.

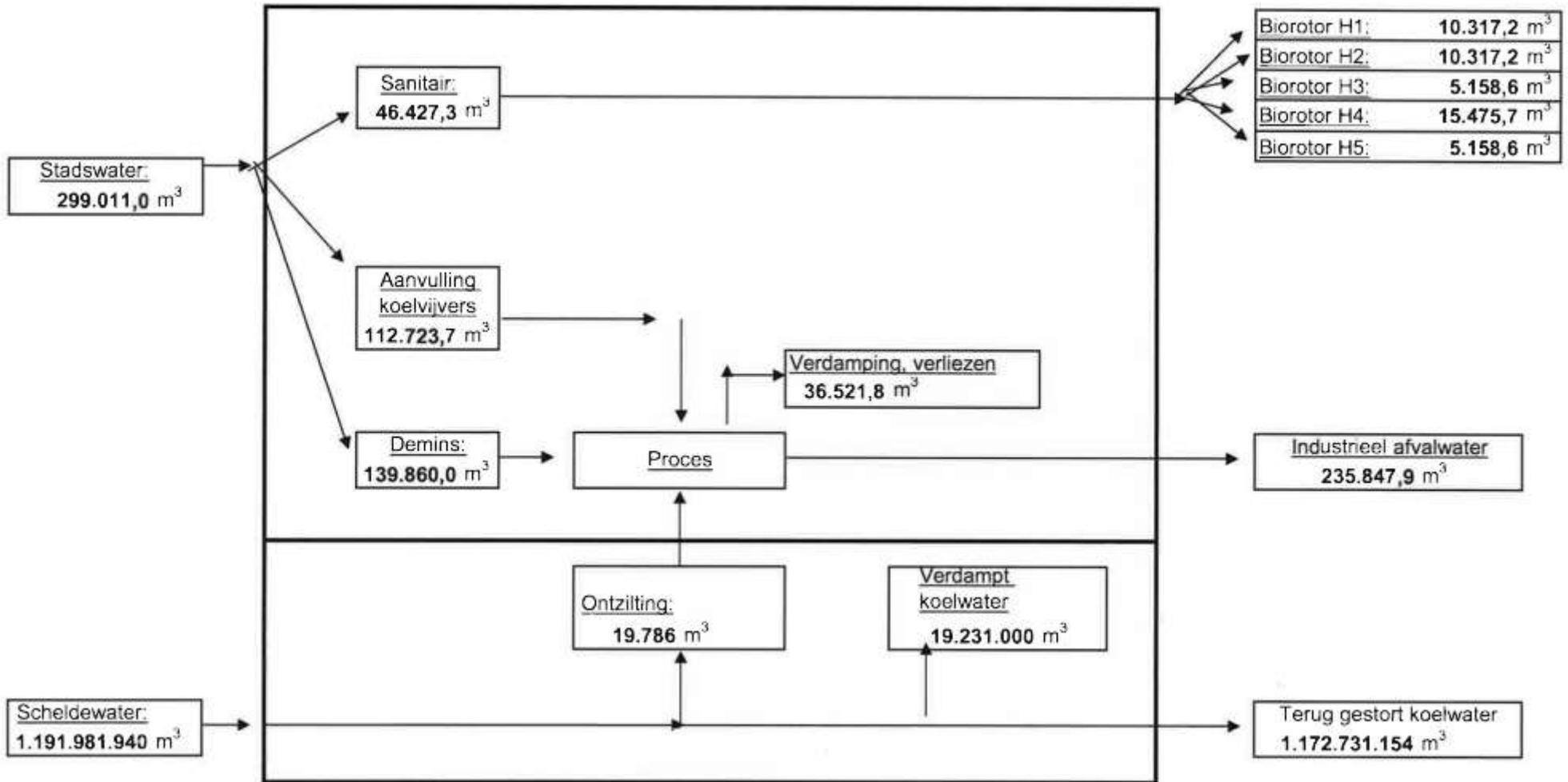


Figure 2-12 Bilan hydrologique 2013 (m³)

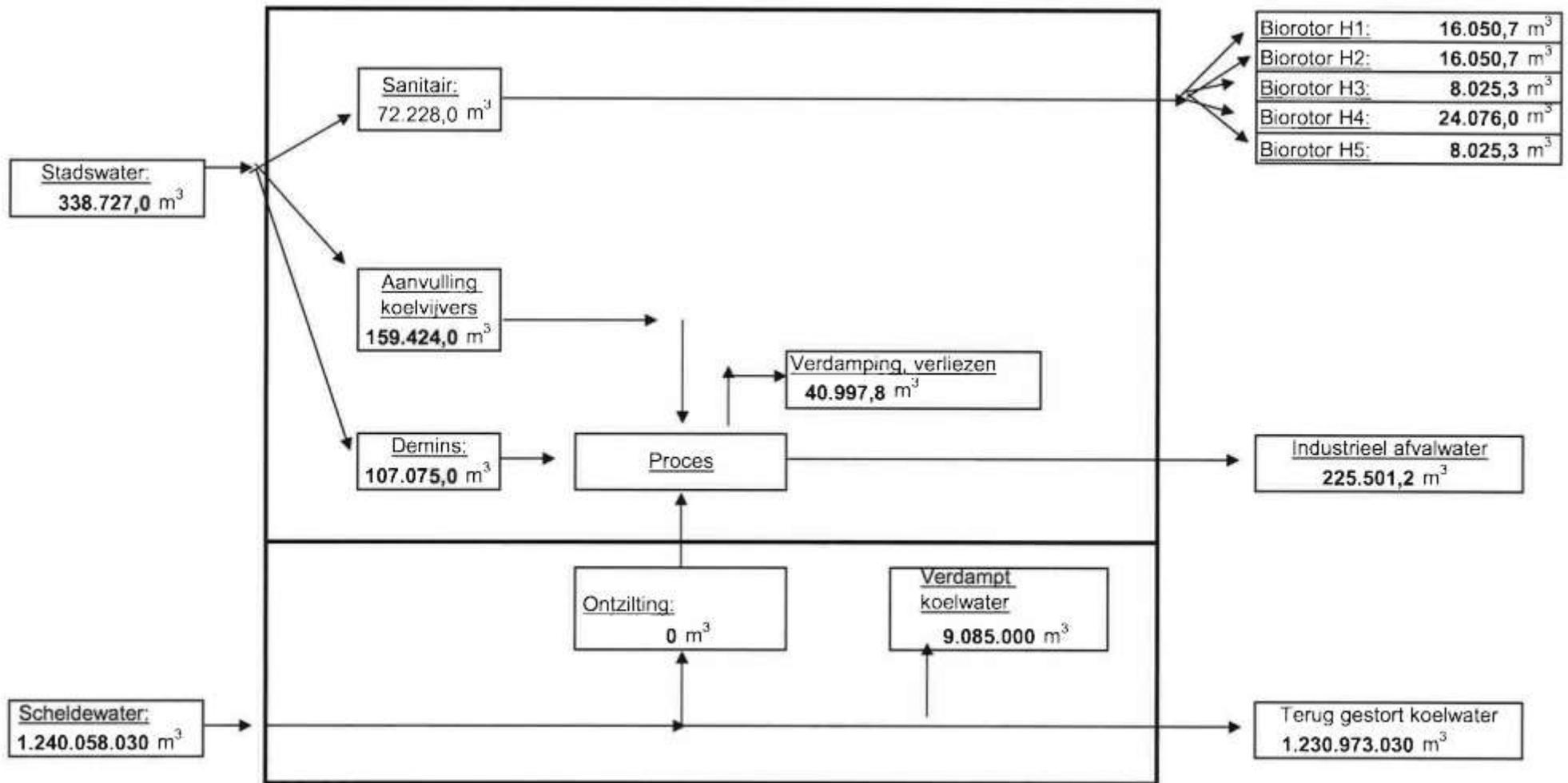


Figure 2-13 Bilan hydrologique 2014 (m³)

2.2.2.5 Réseau d'égouts interne

La CND possède un réseau d'égouts interne pour l'évacuation des différents flux d'eaux (usées). Une représentation schématique de réseau d'égouts interne et des points de déversement est disponible à la Figure 2-14.

La CND ne dispose pas d'un réseau d'égouts distinct pour les eaux pluviales. Les eaux usées sanitaires sont collectées avec les eaux pluviales des toits et de la majorité des surfaces asphaltées, avant d'être acheminées vers cinq puits de collecte. Ces puits sont équipés de pompes immergées qui déversent l'eau dans l'Escaut en cas de fortes pluies. Dans des circonstances normales, cette eau est épurée dans cinq biorotors avant d'être rejetée dans l'Escaut (H1 – H5 sur la Figure 2-12 et la Figure 2-13). La durée de débordement des puits de collecte s'élevait à 18 jours en 2013 et à 14 jours en 2014. Pour la période 2015-2019, la durée de débordement des puits de collecte variait entre 12 et 46 jours. Des fuites sont présentes dans les galeries souterraines entre les unités et les tours de refroidissement (principalement en raison du tassement). Ces galeries sont constituées de conduits en béton de grand diamètre. Lors de chaque révision, les galeries sont nettoyées et inspectées pour détecter les fuites, qui sont ensuite colmatées. La détection et la réparation des fuites sont des tâches chronophages et coûteuses. Pendant la réparation, l'unité de réacteur en question doit être mise à l'arrêt. L'eau de refroidissement qui s'échappe débouche dans le réseau d'égouts mixte via le sol. Les égouts mixtes eux-mêmes ne sont pas étanches et drainent des eaux de refroidissement et des eaux souterraines. Ces fuites d'eaux de refroidissement et, dans une moindre mesure, d'eaux souterraines dans le réseau d'égouts mixte expliquent l'effet de débordement fréquent.

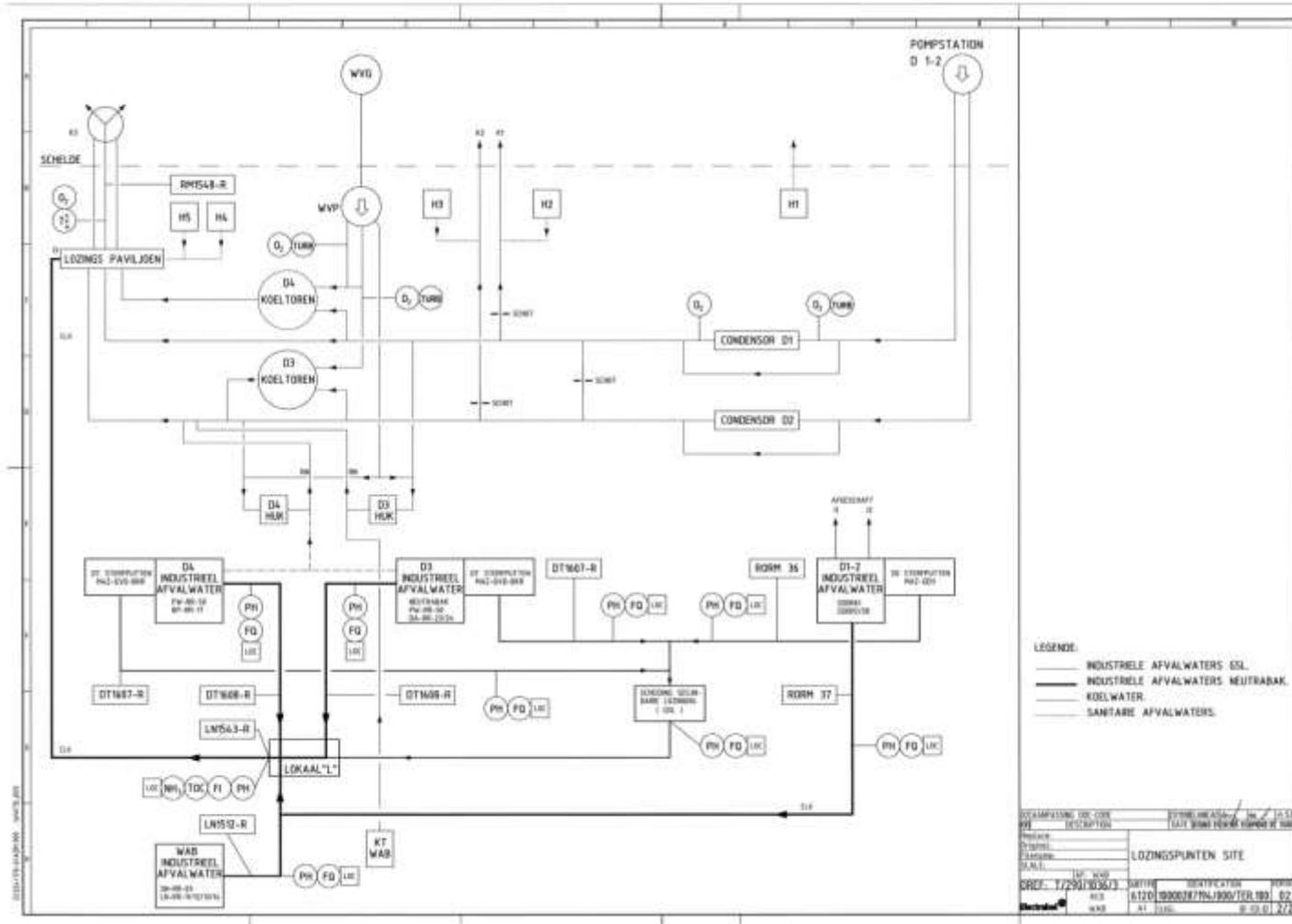
Cinq points de déversement sont présents au total. Chaque biorotor possède son propre point de déversement. Les eaux usées industrielles sont rejetées avec les eaux de refroidissement via un point de déversement commun (pavillon de déversement à la Figure 2-14). Les points de déversement K1 et K2 sur la figure correspondent aux anciens canaux de Doel 1 et Doel 2, qui ne sont plus utilisés qu'en cas d'urgence, lorsque l'autre canal de déversement des eaux de refroidissement (K3) n'est pas disponible, par exemple en raison d'une révision.

Les eaux pluviales ne sont pas réutilisées. Les eaux pluviales des toits et de la majorité des surfaces asphaltées sont collectées dans un système partagé avec les eaux usées sanitaires et sont épurées au moyen de cinq biorotors. L'eau des parkings à l'entrée du site s'écoule dans le Doorloop voisin. Il est en principe possible de réutiliser les eaux pluviales pour produire de l'eau déminéralisée, en guise d'eau de refroidissement ou à des fins sanitaires. L'infrastructure nécessaire à la réutilisation des eaux pluviales n'est cependant pas disponible. Le règlement d'urbanisme relatif aux puits d'eau de pluie, aux installations d'infiltration, aux installations tampons et au déversement distinct des eaux usées et des eaux pluviales ne s'applique pas aux bâtiments et constructions existants.

La superficie totale du site de la CND s'élève à 1 154 583 m², dont 555 894 m² asphaltés ou bâtis et 598 689 m² non asphaltés. Le site de la CND est donc perméable à 52 %. Le volume d'eaux pluviales évacuées n'est pas connu et n'a pas été inclus dans le bilan hydrologique (cf. Figure 2-12 et Figure 2-13). En tenant compte de la surface asphaltée ou bâtie mentionnée ci-dessus et de précipitations moyennes de 690 mm/an dans la situation de départ 2013-2014 à hauteur de la station de mesure de la VMM la plus

proche (Melsele, P04_001)⁴, le volume d'eaux pluviales évacuées dans la situation de départ 2013-2014 est estimé à environ 383 600 m³.

⁴ Source : waterinfo.be (VMM)



WVG = bâtiment de prise d'eau ; WVP = pompes de prise d'eau ; D3 HUK = tour de refroidissement auxiliaire Doel 3 ; D4 HUK = tour de refroidissement auxiliaire Doel 4 ; KT WAB = tour de refroidissement WAB ; DT = circuit des eaux usées ; MAZ = salle des machines ; GEH = bâtiment des services de secours électriques ; O = mesures de l'oxygène ; T = mesure de la température ; Turb = mesure de la turbidité



Figure 2-14



Représentation schématique du réseau d'égouts interne pour l'évacuation des eaux usées industrielles et des eaux de refroidissement

2.2.2.6 Description des émissions

2.2.2.6.1 Flux d'eaux usées

La CND rejette divers flux d'eaux usées :

- eaux usées sanitaires : les eaux usées sanitaires sont collectées avec les eaux pluviales des toits et sont déversées dans l'Escaut après épuration dans cinq biorotors ;
- eaux usées industrielles : les eaux usées industrielles sont collectées et évacuées séparément et sont déversées dans l'Escaut après avoir ou non été traitées (cf. ci-dessous) ;
- eaux de refroidissement : les eaux de refroidissement du circuit tertiaire sont extraites de l'Escaut et sont en grande partie rejetées dans l'Escaut après utilisation.

2.2.2.6.1.1 Eaux usées sanitaires/eaux pluviales

Chaque bâtiment du site de la CND où sont produites des eaux usées sanitaires est équipé d'une fosse septique. Le site de la CND compte environ 38 fosses septiques. Ces fosses septiques font l'objet de contrôles périodiques. Les eaux usées sanitaires sont collectées dans les fosses septiques. La CND ne dispose pas d'un réseau d'égouts distinct pour les eaux pluviales. En aval de ces fosses septiques, les eaux pluviales des toits et de la majorité des surfaces asphaltées sont raccordées au réseau d'égouts mixte. Les égouts mixtes débouchent ensuite dans cinq puits de collecte. Ces puits sont équipés de pompes immergées qui déversent l'eau dans l'Escaut en cas de fortes pluies. Dans des circonstances normales, ces eaux sont épurées dans cinq biorotors avant d'être rejetées dans l'Escaut.

L'objectif des biorotors est d'éliminer la charge de consommation biochimique d'oxygène (CBO)/consommation chimique d'oxygène (CCO) par le biais de la biodégradation aérobie des composants organiques en CO₂ et en eau par des micro-organismes. Ces micro-organismes sont immobilisés sous la forme d'un film solide sur le biorotor.

Les biorotors sont également adaptés à la dénitrification. Les micro-organismes dénitrifiants se développent lentement ; l'immobilisation dans un biorotor permet à ces micro-organismes de survivre. Le biorotor est une unité constituée d'un tambour en guise de cadre, abritant une structure alvéolaire ou un matériau de remplissage sur lequel les micro-organismes sont immobilisés. Le tambour est partiellement immergé dans un réservoir où s'écoulent continuellement les eaux usées, ce qui permet l'adsorption et la transformation des matières organiques. La rotation et le contact avec l'air libre engendrent un phénomène d'aération. Les eaux usées s'écoulent ensuite dans une installation de post-sédimentation, où les boues décantent. Une étape de dénitrification supplémentaire est nécessaire pour l'élimination complète de l'azote.

Les paramètres les plus importants des eaux usées sanitaires sont la CBO, la CCO, les substances en suspension, l'azote (N) et le phosphore (P).

2.2.2.6.1.2 Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles se composent des flux partiels ci-dessous.

- Effluent provenant de la régénération des installations de déminéralisation de Doel 1 à 4 et de l'unité de traitement des eaux et des déchets (WAB). Cet effluent présente une forte teneur en sel et un pH irrégulier. Ce flux d'eaux usées est rejeté et échantillonné via l'unique point de

déversement (local L) après neutralisation (au moyen d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium).

- Les eaux de plancher (e. a. eaux de nettoyage, eaux souterraines...) de Doel 1 à 4 et de la WAB qui contiennent peu de pollution sont déviées vers une installation de neutralisation commune (GSL). Après neutralisation au CO₂ et à l'hydroxyde de sodium, les eaux usées sont également rejetées et échantillonnées via l'unique point de déversement (local L).
- Eaux usées de la WAB, où sont traitées les eaux usées du circuit primaire. Ces eaux usées, qui contiennent des éléments potentiellement radioactifs, sont traitées dans des déminéralisateurs et des distillateurs. Le concentré est intégré dans des fûts en béton de déchets radioactifs. L'eau épurée et le distillat, qui ne contient plus aucun élément radioactif, sont eux aussi rejetés et échantillonnés via l'unique point de déversement.

L'installation comporte également une unité d'osmose inverse pour isoler les effluents riches en ammoniac des pompes à vide, en vue de l'élimination et du traitement externes.

Quelques-uns des paramètres pertinents pour les eaux usées industrielles sont repris ci-dessous.

- Bore : l'eau du circuit primaire contient de l'acide borique, qui est utilisé pour contrôler la réactivité du cœur. Si l'acide borique ne peut être récupéré, il doit être déversé après épuration.
- Azote : pour lutter contre la corrosion dans le circuit secondaire, le pH de l'eau est maintenu à des valeurs élevées et des produits oxygénables sont utilisés. Deux rôles assurés respectivement par l'ammoniac et l'hydrazine. Des échangeurs d'ions épurent une partie du réseau secondaire. Ces filtres chimiques ne peuvent cependant pas distinguer les impuretés qui doivent être éliminées du circuit de l'ammoniac qui doit y rester. De plus, l'ammoniac est un gaz qui est aspiré du condenseur, au même titre que d'autres gaz non condensables et qu'une fraction limitée de vapeur. Après les pompes à vide, qui sont soumises à la pression atmosphérique, cette vapeur se condense et les gaz s'y dissolvent. Ce flux d'eau ne peut plus être récupéré et débouche dans les eaux usées industrielles. Des composants azotés pénètrent donc dans les eaux usées par ces deux voies. 80 % de la charge d'azote provient des eaux usées de Doel 3 et 4. Deux installations ont été construites en 2011 afin de réduire la quantité d'azote dans ces eaux usées. Pour Doel 4, il s'agit d'un système de collecte des effluents, qui sont évacués en vue d'un traitement externe. Pour Doel 3, il s'agit d'une installation d'osmose inverse pour les effluents des pompes à vide. Cette installation épaissit les eaux souillées extraites des eaux usées pour former un concentré d'azote (ammonium), ce qui réduit la nécessité de transporter les eaux usées. Les eaux usées épaissies de cette installation sont également évacuées en vue d'un traitement externe. L'eau épurée est rejetée via les eaux usées industrielles.
- Chlorures : provenant du HCl utilisé pour régénérer les échangeurs d'ions des installations de déminéralisation. Les installations de déminéralisation sont actuellement utilisées comme installations de secours. En 2018, la CND est en effet passée à une technique d'osmose pour la production d'eau déminéralisée. Le H₂SO₄ a alors été remplacé par le HCl.
- Chrome : la CND utilise du chrome pour la passivation de certains circuits d'eau fermés internes.
- (Molybdène) : avant 2012, la CND utilisait également du molybdène pour le traitement de certains circuits d'eau spécifiques. À partir de 2012, la CND est passée à des produits sans molybdène. Il n'y a donc plus de déversements de molybdène depuis lors.

- Arsenic : le sol du port d'Anvers est rempli de terre contaminée à l'arsenic. L'arsenic rejeté par la CND provient donc probablement des eaux souterraines, qui pénètrent dans les eaux usées industrielles via les eaux de plancher.

2.2.2.6.1.3 Eaux de refroidissement

L'eau de l'Escaut, pompée via deux points de captage situés à proximité, est utilisée comme eau de refroidissement pour le processus. Le point de captage des unités Doel 1 et 2 (unités les plus anciennes) a été construit « dans l'Escaut ». En d'autres termes, les installations d'épuration, les grilles, les racleurs et les filtres à tambour sont présents dans une construction sur l'Escaut. L'eau est extraite par des pompes et envoyée vers les unités Doel 1 et 2. Le circuit de refroidissement de ces unités est de type ouvert, ce qui signifie que l'eau qui passe par le condenseur est utilisée une seule fois. Avant la construction de Doel 3 et 4, les eaux de refroidissement de Doel 1 et Doel 2 étaient rejetées dans l'Escaut via les points de déversement K1 et K2. Ces points de déversement ne sont actuellement plus utilisés que lorsque, par exemple, le point de déversement général K3 ou le « système de distribution » est indisponible. Ce système de distribution permet d'amener l'eau soit directement vers le point de déversement K3 soit de l'amener dans les tours de refroidissement de Doel 3 et/ou 4 via les pompes existantes.

Le point de captage sur l'Escaut des unités Doel 3 et 4 ne concerne qu'une structure ouverte, depuis laquelle une galerie mène à la station de pompage sur la « terre ferme ». La galerie est uniquement équipée d'une grille fixe pour empêcher les matériaux de grande taille d'entrer.

La station de pompage se compose d'une fosse tampon, équipée de racleurs et de filtres à panier rotatifs. La station de pompage comporte deux pompes d'appoint qui injectent l'eau dans les circuits de refroidissement fermés de Doel 3 et 4. Les deux pompes peuvent débiter l'eau vers les deux unités. Les circuits de refroidissement des unités Doel 3 et 4 sont des circuits fermés, ce qui signifie que les eaux de refroidissement circulent entre la tour de refroidissement et le condenseur. La pompe d'appoint sert à compenser les pertes par évaporation et les flux de déconcentration. Une petite partie des eaux de refroidissement est utilisée pour alimenter la tour de refroidissement auxiliaire qui refroidit les circuits de sécurité. Ces flux de déconcentration sont également rejetés dans l'Escaut via le point de déversement K3.

En 2013, 1 191 981 940 m³ d'eau de refroidissement ont été extraits de l'Escaut. Le volume autorisé s'élève à 1 500 000 000 m³. En 2013, sur le volume total d'eau pompée de l'Escaut, 19 786 m³ ont été déminéralisés et utilisés comme eau de traitement, 19 231 000 m³ ont été évaporés dans les tours de refroidissement et le volume restant (1 172 731 154 m³) a été rejeté dans l'Escaut. En 2014, 1 240 058 030 m³ d'eau de refroidissement ont été pompés de l'Escaut. Sur ce total, 0 m³ a été déminéralisé pour être utilisé comme eau de traitement (en 2014, seule l'eau de ville a été utilisée à cet effet, et non l'eau de l'Escaut), 9 085 000 m³ ont été évaporés dans les tours de refroidissement et 1 230 973 030 m³ ont été rejetés dans le fleuve.

Les paramètres les plus importants pour les eaux de refroidissement sont la température, la teneur en oxygène, la CCO, les chlorures et les AOX. La température et la teneur en oxygène dissous sont mesurées en permanence. La CCO fait l'objet d'analyses mensuelles, tandis que le chlore actif fait l'objet d'analyses trimestrielles. Le débit des eaux de refroidissement est déterminé au moyen de compteurs horaires et des caractéristiques des pompes. L'eau de refroidissement se réchauffe lors du refroidissement de l'eau du circuit secondaire et de la condensation de la vapeur dans les condenseurs des unités. Les

chlorures proviennent du NaOCl qui est ajouté à l'eau de refroidissement pour prévenir la croissance biologique dans les tours de refroidissement. Cela permet d'éviter qu'une CCO supplémentaire soit rejetée dans l'Escaut via les eaux de refroidissement. Les mesures ne montrent aucune différence notable entre la teneur en CCO des eaux de refroidissement entrantes et sortantes. Une dose de choc calculée de NaOCl est injectée chaque semaine (environ 4 000 litres par tour de refroidissement). Le dosage de choc a été déterminé au moyen de l'analyse de l'excès de chlore actif et de l'expérience acquise avec les joints des tours de refroidissement. Un éventuel dosage supplémentaire est effectué sur la base du contrôle de la croissance biologique sur des plaques témoins et sur la base des mesures de l'ATP dans les tours de refroidissement. Le NaOCl réagit pour former des chlorures. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 0,1 mg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Simultanément à la dose de choc de NaOCl, environ 200 litres du biodétergent SPECTRUS BD1501E sont injectés chaque semaine dans chaque tour de refroidissement. Il s'agit d'un mélange de tensioactifs non ioniques dans une solution aqueuse. Pendant les périodes de canicule, une double dose de NaOCl et de SPECTRUS BD1501E est injectée chaque semaine dans les tours de refroidissement.

L'utilisation de NaOCl comme agent de conditionnement entraîne la formation d'AOX (= composés halogènes organiques adsorbables). Les teneurs en AOX seront constituées d'haloformes, également appelés « trihalogénométhanés » (principalement le bromoforme dans les eaux saumâtres et salines), et de divers composés polaires halogénés (notamment des acides chloroacétiques et bromoacétiques) (Berbee, 1997).

Un antimoissant est constamment ajouté aux eaux de refroidissement pour empêcher la formation de mousse due à la croissance des algues. Il s'agit de l'agent FOAMTROL AF4039 (une combinaison d'alcools gras modifiés et d'alcool spéciaux). Cet antimoissant est dosé en continu dans l'eau de l'Escaut entrante au moyen d'une pompe. Lors des injections hebdomadaires de NaOCl et de SPECTRUS BD1501E, une quantité supplémentaire d'antimoissant est également ajoutée à l'aide d'une deuxième pompe. La quantité d'antimoissant achetée chaque année s'élève en moyenne à 5 500 kg. Ce chiffre varie toutefois fortement en fonction du stock. On peut donc conclure que les concentrations d'antimoissant rejetées sont très limitées.

2.2.2.6.2 Débit et charge polluante des eaux usées

Dans la situation de départ (année 2013), les flux d'eaux (usées) suivants ont été déversés :

- eaux usées sanitaires (+ eaux pluviales) : 46 427,3 m³ ;
- eaux usées industrielles : 235 847,9 m³ ;
- eaux de refroidissement : 1 172 731 154 m³.

Dans la situation de départ (année 2014), les flux d'eaux (usées) suivants ont été déversés :

- eaux usées sanitaires (+ eaux pluviales) : 72 228,0 m³ ;
- eaux usées industrielles : 225 501,2 m³ ;
- eaux de refroidissement : 1 230 973 030 m³.

Les flux et charges polluantes des eaux usées dans la situation de départ 2013-2014 sont également représentatifs de la période 2015-2019, car l'exploitation de la CND n'a pas changé par rapport à la situation de départ.

2.2.2.6.2.1 Eaux usées sanitaires

Les eaux usées sanitaires déversées en 2013 et 2014 doivent répondre aux normes de débit rejeté figurant dans l'autorisation écologique du 31/03/2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW). Les concentrations dans l'effluent doivent être conformes à l'article 4.2.8.1.1 du VLAREM II. Pour les paramètres visés à l'annexe 2C du titre Ier du VLAREM, l'effluent ne peut contenir de concentrations supérieures à dix fois les critères de classification visés à la colonne « critère de classification SD (substances dangereuses) » de l'article 3 de l'annexe 2.3.1 du VLAREM II.

Le Tableau 2-9 permet de déduire les données ci-dessous pour les eaux usées sanitaires dans la situation de départ 2013-2014.

- Pour l'année 2013, toutes les normes de déversement relatives aux eaux usées sanitaires épurées sont respectées.
- Pour l'année 2014, la norme de déversement relative au débit annuel et aux substances en suspension n'est pas respectée :
 - le débit annuel est calculé sur la base de compteurs. Il est toutefois question d'un dépassement du volume d'eaux usées sanitaires effectivement déversées. L'eau d'étanchéité des pompes de circulation (eau de ville) et l'alimentation interne des circuits IC sont ainsi incluses dans le calcul. Le calcul du débit est basé sur une période de comptage de trois jours avec extrapolation à l'année entière. Le circuit d'eau de ville est un circuit relativement complexe, qui alimente diverses installations. Dans la pratique, le débit annuel autorisé n'est pas dépassé. Le débit annuel autorisé est en effet déterminé sur la base du débit des pompes d'alimentation des biorotors ;
 - l'augmentation de la valeur des substances en suspension a été provoquée lors de la première journée de la campagne de mesure en 2014. Dans ce contexte, on prélève un échantillon d'eau de 24 h au moyen d'un dispositif d'échantillonnage. Le tuyau est placé dans le puits de sédimentation, à la sortie de « chambre de réaction ». Lors de cet incident, le tuyau a été placé trop profondément, ce qui a entraîné le pompage de boue.
- Un paramètre atypique dans l'effluent des eaux usées sanitaires épurées pour 2013 et 2014 est les AOX (composés halogènes organiques adsorbables). La formation d'AOX est probablement due aux fuites d'eau de refroidissement par le sol dans le réseau d'égouts mixte (cf. description au paragraphe 2.2.2.5) et/ou à l'utilisation sporadique de produits sanitaires désinfectants. La concentration moyenne se situe entre 62,4 et 68,4 µg/l pour les années 2013 et 2014, respectivement, et se situe entre le critère de classification SD (substances dangereuses) de 40 µg/l (art. 3, annexe 2.3.1 du VLAREM II) et dix fois ce critère de classification, ce qui signifie que la norme de déversement est respectée.
- En ce qui concerne les paramètres ammonium, B, Sb, Co, Mo, Se, Sn, Ag, Ba, Tl, Ti, V, Be, Te, substances anioniques, non ioniques et cationiques tensioactives, les mesures sont incohérentes pour les années 2013 et/ou 2014 ou le seuil de détection des mesures est supérieur à la norme de déversement. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations et au respect des normes de déversement pour ces paramètres.

La qualité des eaux usées sanitaires pour les années 2015-2019 a été examinée dans le cadre de la présente EIE. Les concentrations et charges polluantes pour la période 2015-2019 ne diffèrent pas

significativement de la situation de départ 2013-2014, car l'exploitation de la CND n'a pas changé par rapport à la situation de départ.

Tableau 2-9 Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux usées sanitaires

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)
Débit	Max. 90 m ³ /heure, 135 m ³ /jour et 50 000 m ³ /an, répartis comme suit sur 5 points de déversement : H1 : 20 m ³ /heure et 30 m ³ /jour ; H2 : 20 m ³ /heure et 30 m ³ /jour ; H3 : 10 m ³ /heure et 15 m ³ /jour ; H4 : 30 m ³ /heure et 45 m ³ /jour ; H5 : 10 m ³ /heure et 15 m ³ /jour.		46 427,3 m ³ /an :				72 228 m ³ /an :			
				H1 : 10 317,2 m ³ /an ;				H1 : 16 050,7 m ³ /an ;		
				H2 : 10 317,2 m ³ /an ;				H2 : 16 050,7 m ³ /an ;		
				H3 : 5 158,6 m ³ /an ;				H3 : 8 025,3 m ³ /an ;		
				H4 : 15 475,7 m ³ /an ;				H4 : 24 076 m ³ /an ;		
				H5 : 5 158,6 m ³ /an.				H5 : 8 025,3 m ³ /an.		
CBO (mg/l)	Max. 25	mg/l	40	3,7	23	170	36	4,4	25	317
CCO (mg/l)			36	35,9	100	1668	25	34,3	74	2479
Substances en suspension (mg/l)	Max. 60	mg/l	39	21,6	55	1002	34	24,1	200	1742
P tot (mg/l)	Max. 10	mg/l	42	2,5	6,6	115	31	2,6	10	185
NO2 (mg N/l)	Max. 6,6	mg N/l	13	0,043	0,230	2	20	0,332	1,8	24
NO3 (mg N/l)			8	10,8	42	503	20	12,4	66	898

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)
N Kjld (mg N/l)			8	3,1	16	142	20	4,3	34	314
NH4 (mg N/l)			0	-	-	-	5	3	13	217
N tot (mg N/l)			23	19,2	71	890	35	19,2	85	1386
B (mg/l)	Max. 7	mg/l	5	0,066	0,160	3	0	-	-	-
Sb (mg/l)	Max. 1	mg/l	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Cd (mg/l)	Max. 0,008	mg/l	20	0,0001	0,001	0,003	15	<0,001	<0,001	-
Cr (mg/l)	Max. 0,5	mg/l	20	<0,010	<0,010	-	15	0,002	0,016	0,128
Co (mg/l)	Max. 0,006	mg/l	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
Cu (mg/l)	Max. 0,5	mg/l	20	0,008	0,053	0,361	15	0,004	0,036	0,289
Mn (mg/l)			5	0,117	0,380	5	0	-	-	-
Mo (mg/l)	Max. 3,5	mg/l	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Se (mg/l)	Max. 0,03	mg/l	5	<0,005	<0,005	-	0	-	-	-
Sn (mg/l)	Max. 0,4	mg/l	5	<0,04	<0,04	-	0	-	-	-
Zn (mg/l)	Max. 2	mg/l	20	0,054	0,170	3	15	0,073	0,210	5
As (mg/l)	Max. 0,05	mg/l	20	0,013	0,030	1	15	0,015	0,031	1
Hg (mg/l)	Max. 0,003	mg/l	20	<0,0001	<0,0001	-	15	<0,0001	<0,0001	-
Pb (mg/l)	Max. 0,5	mg/l	20	<0,025	<0,025	-	15	0,003	0,025	0,201

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)
Ni (mg/l)	Max. 0,3	mg/l	20	0,002	0,017	0,111	15	<0,010	<0,010	-
Ag (mg/l)	Max. 0,004	mg/l	20	<0,010	<0,010	-	15	<0,010	<0,010	-
Al (mg/l)			5	0,206	0,320	10	0	-	-	-
Ba (mg/l)	Max. 0,700	mg/l	5	0,010	0,021	0,469	0	-	-	-
Fe (mg/l)			5	0,808	2,200	38	0	-	-	-
Tl (mg/l)	Max. 0,002	mg/l	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Ti (mg/l)	Max. 1	mg/l	5	0,021	0,033	1	0	-	-	-
V (mg/l)	Max. 0,05	mg/l	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
U (mg/l)	Max. 0,01	mg/l	5	<0,001	<0,001	-	0	-	-	-
Be (mg/l)	Max. 0,001	mg/l	5	<0,005	<0,005	-	0	-	-	-
Te (mg/l)	Max. 1	mg/l	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
F (mg/l)	Max. 9	mg/l	5	0,102	0,290	5	5	0,184	0,470	13
Dét. anion. (mg/l)	Max. 1	mg/l	0	-	-	-	0	-	-	-
Dét. cation. (mg/l)	Max. 10	mg/l	0	-	-	-	0	-	-	-
Dét. non ion. (mg/l)			0	-	-	-	1	0,278	2,5	20
AOX (µg/l)	Max. 400	µg/l	10	62,4	210	3	9	68,4	93	5
DOC (mg/l)			10	6,1	10	281	9	8,6	12	621

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)
Cyanures libres	Max. 0,5	mg/l	5	<0,005	<0,005	-	5	<0,005	<0,005	-

Rouge : dépassement de la norme de déversement en 2013 et/ou en 2014 ; jaune : aucune mesure en 2013 et/ou en 2014 ou seuil de détection de la mesure supérieur à la norme de déversement.

2.2.2.6.2.2 Eaux usées industrielles

2.2.2.6.2.2.1 Débit et charge polluante

Les eaux usées industrielles déversées en 2013 et 2014 doivent répondre aux normes de déversement telles que définies dans les conditions environnementales (particulières) des autorisations écologiques du 31/03/2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) et du 10/11/2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS). Les concentrations dans l'effluent des paramètres non nominatifs de l'autorisation visés à l'annexe 2C du titre Ier du VLAREM sont limitées aux concentrations incluses dans les critères de classification visés à la colonne « critère de classification SD (substances dangereuses) » de l'article 3 de l'annexe 2.3.1 du titre II du VLAREM ou, à défaut, à un maximum de dix fois le seuil de déclaration.

Le Tableau 2-10 permet de déduire les données ci-dessous pour les eaux usées industrielles dans la situation de départ 2013-2014.

- Pour les années 2013 et/ou 2014, la norme de déversement relative au nitrite, au titane et aux AOX n'est pas respectée :
 - en 2013 et 2014, une étude a été menée sur la présence et le traitement du nitrite dans les eaux usées industrielles. En 2013, la concentration moyenne de nitrite était supérieure à la norme de déversement. En 2014, la concentration moyenne était inférieure à la norme de déversement, mais des pics de concentrations supérieurs à la norme de déversement ont tout de même été observés. L'étude de la CND a révélé que le nitrite présent dans les eaux usées industrielles provenait de la croissance biologique dans la station d'épuration GSL. Les mesures qui pourraient être prises pour inhiber la croissance biologique ont été examinées. Afin de limiter la prolifération bactérienne de manière corrective, la CND a effectué un test unique en injectant du H₂O₂ dans les avaloirs. Compte tenu de la réactivité (obstruction des filtres due au dégagement de pollution) et de la formation de mousse, cette technique n'a pas été retenue. Fin 2014, un dossier a été introduit en vue de modifier les conditions d'autorisation écologique, notamment en vue d'adapter la condition particulière relative à la teneur en nitrite dans les eaux usées industrielles. Le dossier demandait l'autorisation d'une norme moyenne journalière de 20 mg NO₂-N/l et d'une charge annuelle flexible de 1 200 kg NO₂-N/an. Le dossier était toujours à l'examen à la fin 2014 ;
 - la norme de déversement pour le titane est de 0,1 mg/l. En 2014, une mesure unique du Ti a été effectuée. La concentration s'élevait à 0,11 mg/l. La cause du dépassement de la norme de déversement est inconnue. La CND n'emploie pas de Ti. Il s'agit d'un incident unique qui n'a pas été étudié plus en détail. Aucun dépassement n'a été observé au cours des années suivantes pour le Ti ;
 - les concentrations accrues d'AOX sont inexplicables, car l'utilisation de produits chlorés est réduite à un minimum. De plus, aucun produit organique n'est utilisé ou ajouté au cours du processus. Les valeurs accrues sont probablement dues à l'interférence des chlorures provenant des effluents de régénération ou à des fuites d'eau de refroidissement dans le circuit d'eaux usées industrielles. Fin 2014, un dossier a été introduit en vue de modifier les conditions d'autorisation écologique, notamment en vue d'obtenir une norme de déversement particulière de 400 µg/l pour les AOX. Le dossier était toujours à l'examen à la fin 2014.

- En ce qui concerne les paramètres ammonium, Co, Ag, Tl, V, Be, substances anioniques, non ioniques et cationiques tensioactives et fluorure de sodium, les mesures sont incohérentes pour les années 2013 et/ou 2014 ou le seuil de détection des mesures est supérieur à la norme de déversement. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations et au respect des normes de déversement pour ces paramètres.

La qualité des eaux usées industrielles pour les années 2015-2019 a été examinée dans le cadre de la présente EIE. Les concentrations et charges polluantes pour la période 2015-2019 ne diffèrent pas significativement de la situation de départ 2013-2014, car l'exploitation de la CND n'a pas changé.

Tableau 2-10 Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux usées industrielles

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*
Débit	Max. 700 m³/heure ; 3 000 m³/jour ; 600 000 m³/an		Max. 1 686 m³/jour ; 235 848 m³/an				Max. 2 055 m³/jour ; 225 501 m³/an			
CBO (mg/l)			8	13,3	41	3137	9	6,3	18	1423
CCO (mg/l)	Max. 125	mg/l	11	22,4	57	5283	9	17,9	28	4034
Substances en suspension (mg/l)			17	11,5	55	2712	15	9,3	23	2094
P tot (mg/l)	Max. 2	mg/l	8	0,609	0,930	144	9	0,686	1,2	155
NO2 (mg N/l)	Max. 6,089	mg N/l	106	6,4	24	1518	68	1,1	6,5	244
NO3 (mg N/l)			72	5,2	21	1217	67	5,4	33	1212
N Kjld (mg N/l)			70	17,3	63	4069	68	9,3	52	2105
NH4 (mg N/l)			0	-	-	-	5	13,2	51	2980
N tot (mg N/l)	Moy. journ. : 100 mg/l ; moy. ann. flexible : 27 mg/l ; charge annuelle flexible : 7 200 kg/an		338	17,9	63,2	4.226	310	11,8	67,8	2.663
B (mg/l)	Max. 7.300	kg/an	54	29,0	370	6842	55	22,5	470	5070
Sb (mg/l)	Max. 0,07	mg/l	3	<0,020	<0,020	-	1	<0,020	<0,020	-
Cd (mg/l)	Max. 0,003	mg/l	9	<0,0001	<0,0001	-	9	<0,0001	<0,0001	-
Cr (mg/l)	Max. 0,15	mg/l	10	<0,010	<0,010	-	9	0,006	0,051	1

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*
Co (mg/l)	Max. 0,006	mg/l	2	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
Cu (mg/l)	Max. 0,2	mg/l	7	0,007	0,047	2	7	<0,025	<0,025	-
Mn (mg/l)	Max. 1	mg/l	4	0,088	0,110	21	2	0,078	0,078	17
Mo (mg/l)	Max. 0,35	mg/l	4	<0,020	<0,020	-	2	<0,020	<0,020	-
Se (mg/l)	Max. 0,03	mg/l	2	<0,005	<0,005	-	1	<0,005	<0,005	-
Sn (mg/l)	Max. 0,04	mg/l	1	<0,04	<0,04	-	1	<0,04	<0,04	-
Zn (mg/l)	Max. 0,8	mg/l	9	0,033	0,064	8	9	0,058	0,120	13
As (mg/l)	Max. 0,05	mg/l	9	0,017	0,028	4	9	0,011	0,030	2
Hg (mg/l)	Max. 0,0005	mg/l	9	<0,0001	<0,0001	-	9	0,000	0,0001	0
Pb (mg/l)	Max. 0,050	mg/l	7	<0,025	<0,025	-	6	<0,025	<0,025	-
Ni (mg/l)	Max. 0,1	mg/l	9	<0,010	<0,010	-	6	0,002	0,011	0
Ag (mg/l)	Max. 0,002	mg/l	7	<0,010	<0,010	-	6	<0,010	<0,010	-
Al (mg/l)			1	<0,100	<0,100	-	1	0,100	0,100	23
Ba (mg/l)	Max. 0,25	mg/l	4	0,026	0,047	6	4	0,032	0,064	7

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*
Fe (mg/l)			2	0,710	1,000	167	1	0,700	0,700	158
Tl (mg/l)	Max. 0,002	mg/l	1	<0,020	<0,020	-	1	<0,020	<0,020	-
Ti (mg/l)	Max. 0,1	mg/l	1	<0,020	<0,020	-	1	0,110	0,110	25
V (mg/l)	Max. 0,005	mg/l	1	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
U (mg/l)	Max. 0,001	mg/l	1	<0,001	<0,001	-	1	<0,001	<0,001	-
W (mg/l)			0	-	-	-	0	-	-	-
Sr (mg/l)			0	-	-	-	0	-	-	-
Be (mg/l)	Max. 0,0001	mg/l	1	<0,005	<0,005	-	1	<0,005	<0,005	-
Te (mg/l)	Max. 0,1	mg/l	1	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
F (mg/l)	Max. 9	mg/l	4	0,465	0,650	110	3	0,393	0,680	89
Cl (mg/l)			4	635	970	149.763	4	392,5	800	88.509
SO4 (mg/l)			4	452,5	810	106.721	4	559,5	1900	126.168
Dét. anion. (mg/l)	Max. 0,1	mg/l	0	-	-	-	1	<0,2	<0,2	-
Dét. cation. (mg/l)	Max. 1	mg/l	0	-	-	-	1	<0,5	<0,5	-

Paramètre	En vigueur en 2013-2014		2013				2014			
	Norme de déversement		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge totale moyenne (kg/an)*
Dét. non ion. (mg/l)			0	-	-	-	1	<0,5	<0,5	-
S (mg/l)			4	<0,050	<0,050	-	4	<0,050	<0,050	-
Si (mg/l)			0	-	-	-	0	-	-	-
Fluorure de sodium	Max. 50	mg/l	0	-	-	-	0	-	-	-
AOX (µg/l)	Max. 4	µg/l	4	52	86	12	6	82,7	170	19
DOC (mg/l)			4	4,7	7,5	1.097	6	5,2	9,9	1.169
SO3 (mg S/l)			0	-	-	-	4	<0,05	<0,05	-
CN (mg/l)	Max. 0,05	mg/l	3	<0,005	<0,005	-	5	0,001	0,005	0
TOC (mg/l)			1	3,3	3,3	778	0	-	-	-
Chrome (VI) en tant que Cr			4	<0,005	<0,005	-	4	0,004	0,010	1
Conductivité (µS/cm)							3	3033,333	4600	684.020

Rouge : dépassement de la norme de déversement en 2013 et/ou en 2014 ; jaune : aucune mesure en 2013 et/ou en 2014 ou seuil de détection de la mesure supérieur à la norme de déversement

*En 2013, environ 235 847,9 m³ d'eaux usées industrielles ont été déversés. Environ 19 786 m³, soit 8 % de ce volume, étaient constitués d'eau de l'Escaut. Les 92 % restants étaient constitués d'eau de ville. Étant donné que le volume d'eau de l'Escaut est négligeable, il n'est pas pris en compte dans le calcul de la charge polluante nette totale dans l'Escaut. En 2014, seule l'eau de ville a été utilisée comme eau de traitement.

2.2.2.6.2.2.2 Température

Conditions de déversement

Les eaux usées industrielles déversées en 2013 et 2014 doivent répondre aux conditions environnementales des autorisations écologiques du 31/03/2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) et du 10/11/2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS).

La température maximale de déversement des eaux usées industrielles peut atteindre 35 °C dans l'une des conditions suivantes :

- lorsque la température extérieure est de 25 °C ou plus ;
- lorsque la température d'extraction des eaux de refroidissement est de 20 °C ou plus ;

pour autant que la température des eaux superficielles réceptrices indiquée dans les normes de qualité environnementale ne soit pas dépassée (art. 4.2.2.2.1.4° du VLAREM II).

Température des eaux usées industrielles

Les mesures continues de la température des eaux usées industrielles rejetées au point de déversement commun K3 de la CND ont été évaluées dans le cadre de la présente EIE pour la situation de départ 2013-2014 et la période 2015-2019. Cette évaluation a été réalisée en parallèle de l'évaluation des mesures continues de la température de l'eau de l'Escaut au point d'extraction de Doel 3/4. Cette évaluation montre que les conditions de déversement mentionnées ci-dessus pour la température des eaux usées industrielles rejetées par la CND ne sont pas dépassées. À l'exception d'un jour fin décembre 2018, pendant deux heures, où la température des eaux usées industrielles s'élevait à 36 °C, tandis que la température d'extraction de l'eau de l'Escaut était inférieure à 20 °C pour une température extérieure inférieure à 25 °C.

2.2.2.6.3 Eaux de refroidissement

2.2.2.6.3.1 Débit et charge polluante

Les eaux de refroidissement déversées en 2013 et 2014 doivent répondre aux normes relatives au débit maximal de déversement et à la teneur en chlore actif telles que définies dans les conditions environnementales (particulières) des autorisations écologiques du 31/03/2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) et du 10/11/2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS). Les concentrations dans l'effluent des paramètres non nominatifs des autorisations sont limitées aux concentrations mentionnées à l'article 4.2.4.1 du VLAREM II. Cela signifie notamment que les eaux de refroidissement déversées ne peuvent contenir aucune substance appartenant aux familles et groupes de substances mentionnés à l'annexe 2C.

En application de l'article 4.2.5.1.2 du VLAREM II, la méthode de calcul basée sur les données d'extraction d'eau mesurées peut être utilisée pour mesurer le débit des eaux de refroidissement.

La charge de chlorures n'est pas mesurée, mais est calculée sur la base de la consommation de NaOCl. En 2013, 379 997 kg de NaOCl (15 %) ont été utilisés. La charge de chlorures calculée dans les eaux de refroidissement s'élevait à environ 27 161 kg. En 2014, 319 420 kg de NaOCl (15 %) ont été utilisés. La charge de chlorures calculée dans les eaux de refroidissement s'élevait à environ 22 831 kg.

La teneur en oxygène des eaux de refroidissement déversées doit atteindre au moins 4 mg/l et, si elle est inférieure, elle doit être au moins aussi élevée que la teneur en oxygène des eaux extraites. La teneur en oxygène des eaux extraites de l'Escaut et des eaux de refroidissement déversées fait l'objet d'un suivi permanent par Engie et les mesures pour la situation de départ 2013-2014 sont reprises à la Figure 2-15 et à la Figure 2-16. La teneur en oxygène des eaux extraites de l'Escaut et des eaux de refroidissement déversées fait l'objet d'un suivi permanent par Engie et les mesures pour la période 2015-2019 sont reprises aux Figure 2-17 à Figure 2-21. Étant donné que l'Escaut contient de nombreuses substances en suspension, l'arrivée de la cellule de mesure peut se boucher. L'activité microbienne entraîne alors une consommation d'oxygène, rendant les mesures nulles. Cela conduit fréquemment à des mesures erronées, comme le montrent les différentes figures. Sans tenir compte des valeurs aberrantes, la norme imposée de 4 mg/l pour les eaux de refroidissement déversées est toujours respectée. En automne, en hiver et au printemps, la teneur en oxygène des eaux extraites de l'Escaut est égale ou supérieure à celle des eaux de refroidissement déversées. En été, la teneur en oxygène des eaux de refroidissement déversées est supérieure à celle des eaux extraites de l'Escaut. Ce phénomène est probablement lié à la température.

Le Tableau 2-11 permet de déduire les données ci-dessous pour les eaux de refroidissement dans la situation de départ 2013-2014.

- En ce qui concerne les paramètres pH, chlore actif et CCO, les normes de déversement sont respectées pour les années 2013-2014. Les mesures ne montrent aucune différence notable entre la teneur en CCO des eaux de refroidissement entrantes et sortantes. Cela signifie qu'aucune CCO supplémentaire n'est rejetée via les eaux de refroidissement. La charge de CCO dans les eaux de refroidissement est jugée non pertinente.
- En 2014, le paramètre de groupe AOX a été mesuré dans les eaux de refroidissement entrantes et sortantes. Une hausse de la concentration a été observée dans les eaux de refroidissement déversées pour le paramètre AOX (composés halogènes organiques adsorbables), qui appartiennent aux familles et groupes de substances mentionnés à l'annexe 2C. Il convient de noter qu'il s'agit d'eaux saumâtres, ce qui peut interférer avec l'analyse. La concentration mesurée d'AOX s'élevait à 190 µg/l, une valeur qui est également supérieure au critère de classification SD (substances dangereuses) de 40 µg/l (art. 3, annexe 2.3.1 du VLAREM II). En 2014, une étude a été menée sur l'incidence du NaOCl sur le paramètre AOX en cas d'éventuelle oxydation du nitrite en nitrate. La transformation de nitrite en nitrate est possible en présence d'un excès important de NaOCl. Le dosage a une influence notable sur la formation d'AOX. Le bromoforme s'avère être un composant particulièrement important dans les eaux saumâtres.
- En ce qui concerne les paramètres coliformes fécaux et N total, les mesures sont incohérentes pour les années 2013 et/ou 2014. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations dans les effluents et aux charges polluantes et au respect des normes de déversement pour ces paramètres.

La qualité des eaux de refroidissement pour les années 2015-2019 a été examinée dans le cadre de la présente EIE. Les concentrations et charges polluantes pour la période 2015-2019 ne diffèrent pas significativement de la situation de départ 2013-2014, car l'exploitation de la CND n'a pas changé par rapport à la situation de départ.

Tableau 2-11 Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux de refroidissement

Paramètre	Norme de déversement	2013				2014			
		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)
Débit	<p>- K1 (eaux de refroidissement provenant de Doel 1) : max. 44 500 m³/heure en hiver (octobre à avril) et max. 56 800 m³/heure en été (mai à septembre) ;</p> <p>- K2 (eaux de refroidissement provenant de Doel 2) : max. 44 500 m³/heure en hiver et max. 56 800 m³/heure en été ;</p> <p>- K3 : max. 171 160 m³/heure en hiver et max. 195 760 m³/heure en été, dont :</p> <p>max. 44 500 m³/heure (w)/56 800 m³/heure (z) provenant de Doel 1 ;</p> <p>max. 44 500 m³/heure (w)/56 800 m³/heure (z) provenant de Doel 2 ;</p> <p>max. 40 000 m³/heure + 1 080 m³/heure provenant de Doel 3 ;</p> <p>max. 40 000 m³/heure + 1 080 m³/heure provenant de Doel 4.</p>	Le débit n'est pas mesuré, mais calculé sur la base de la capacité des pompes et du nombre d'heures d'exploitation.				Le débit n'est pas mesuré, mais calculé sur la base de la capacité des pompes et du nombre d'heures d'exploitation.			
Chlorures (la conc. de Cl n'est pas mesurée. La charge de Cl est calculée sur la base de la consom. de NaOCl.)		0	-	-	27,161	0	-	-	22,831

Paramètre	Norme de déversement	2013				2014			
		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)
pH	Entre 6,5 et 8,5	12	7,78	8	-	19	7,91	9,1	-
Chlore actif résiduel (mg/l) au point de déversement	1 mg/l comme valeur instantanée 0,2 mg/l comme valeur moyenne journalière	4	<0,1	<0,1	-	4	<0,1	-	-
Coliformes fécaux/100 ml	Aucune quantité de germes pathogènes dans les eaux de refroidissement déversées qui puisse contaminer dangereusement les eaux réceptrices	0	-	-	-	3	6,33	10	-
N total (mg/l) dans les eaux de refroidissement extraites	S.o.	Mesures mensuelles en amont des points de mesures 159000 et 157000 de la VMM	5	7	-	Mesures mensuelles en amont des points de mesures 159000 et 157000 de la VMM	4,2	5,9	-
N total (mg/l) dans les eaux de refroidissement déversées	-	3	0,55	1,3		0	-	-	
AOX (mg/l) à l'entrée de Doel 1	Aucune substance mentionnée à l'annexe 2C	0	-	-	-	1	0,065	0,065	153,87
AOX (mg/l) à l'entrée de Doel 3		0	-	-		1	<0,04	<0,04	
AOX (mg/l) au point de déversement		0	-	-		1	0,19	0,19	

Paramètre	Norme de déversement	2013				2014			
		Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)	Nombre de mesures	Moy. (mg/l)	Max. (mg/l)	Charge moyenne totale (tonne/an)
CCO (mg/l) dans les eaux de refroidissement extraites	Différence sortie-entrée de max. 30 mg/l	Mesures mensuelles en amont des points de mesure 15900 0 et 157000 de la VMM	30	56	-	Mesures mensuelles en amont des points de mesure 15900 0 et 157000 de la VMM	35	81	-
CCO (mg/l) dans les eaux de refroidissement déversées		12	33	55		19	33	66	

Rouge : dépassement de la norme de déversement en 2013 et/ou 2014 ; jaune : aucune mesure en 2013 et/ou 2014.

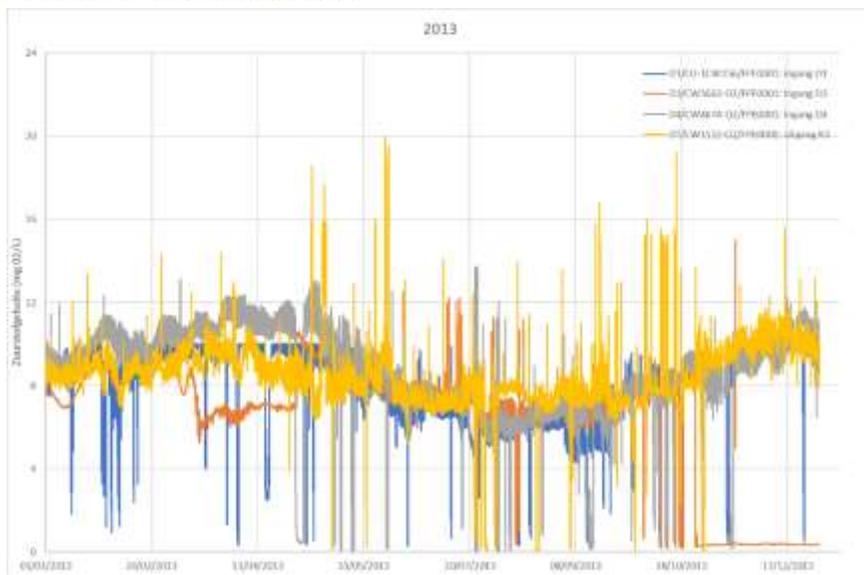


Figure 2-15 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2013

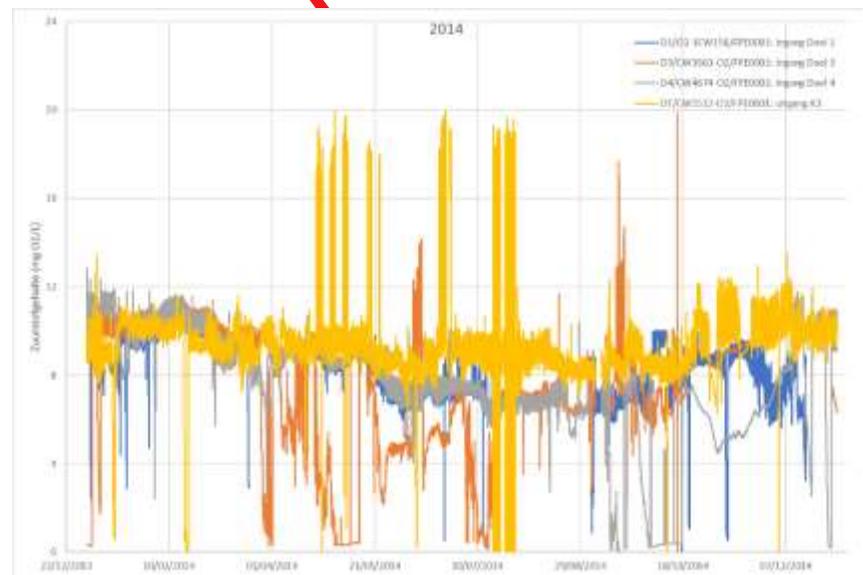


Figure 2-16 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2014

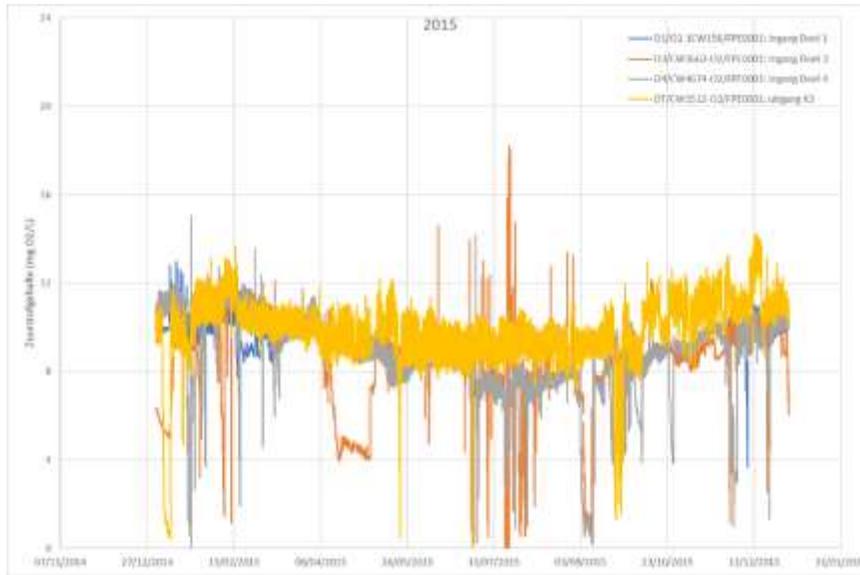


Figure 2-17 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2015

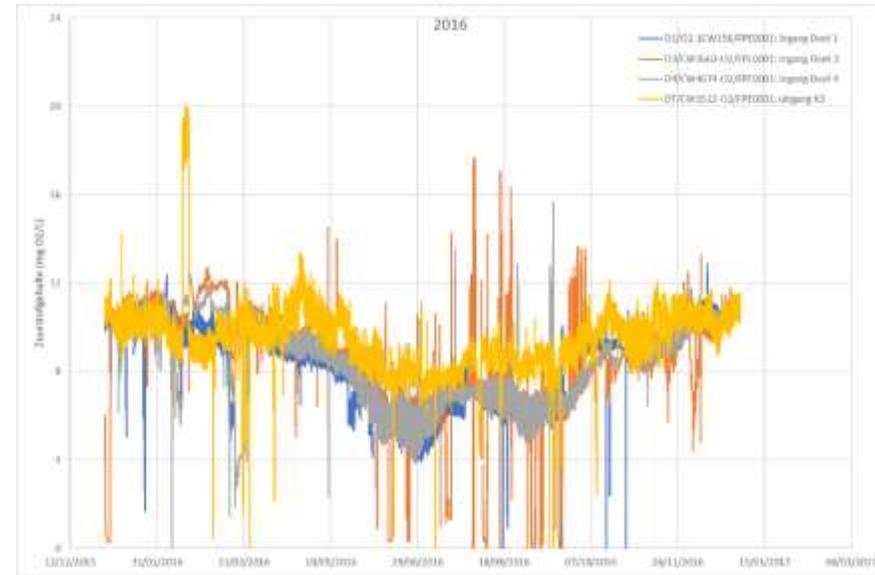


Figure 2-18 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2016

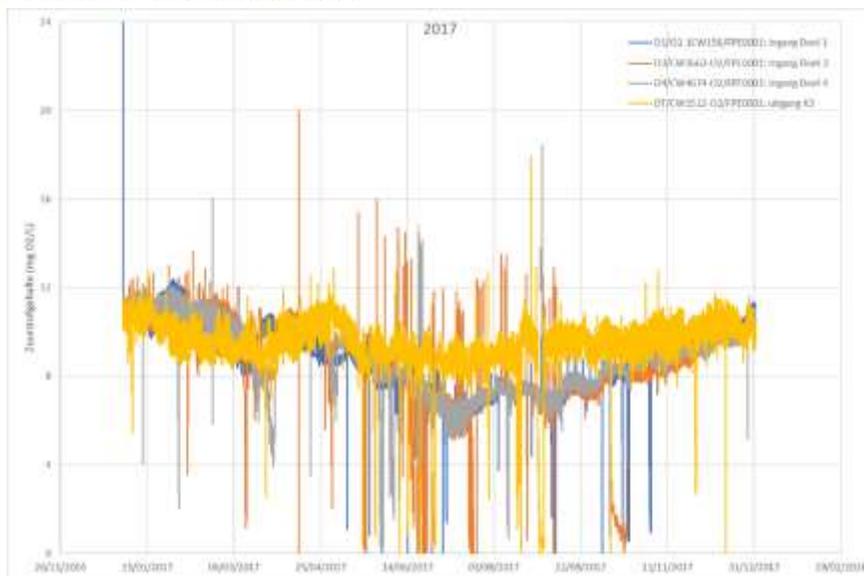


Figure 2-19 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2017

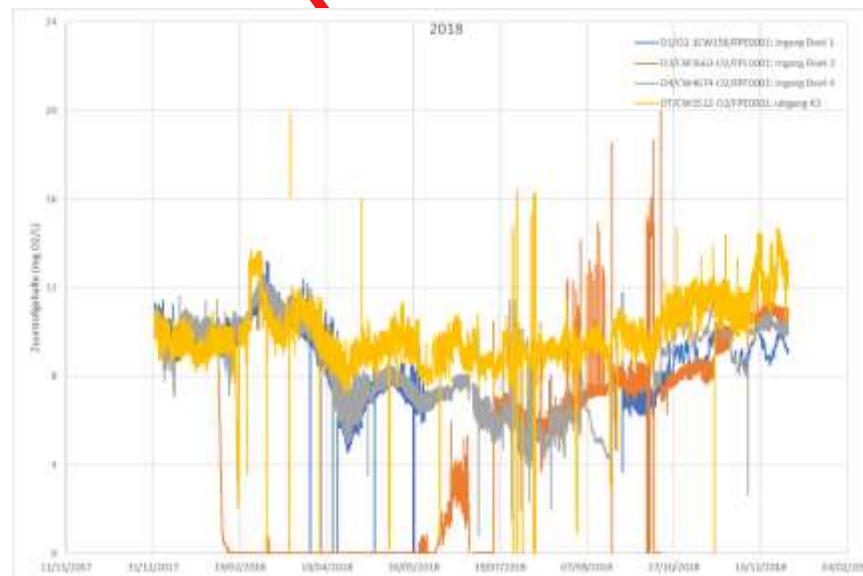


Figure 2-20 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2018

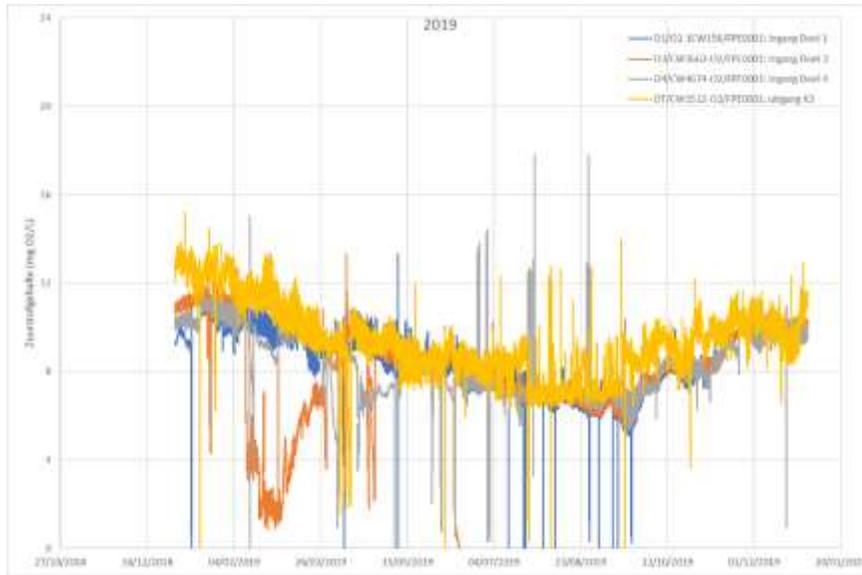


Figure 2-21 Teneur en oxygène (mg O₂/l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2019

2.2.2.6.3.2 Température et charge thermique des eaux de refroidissement

Conditions de déversement

Les eaux de refroidissement déversées en 2013 et 2014 doivent répondre aux normes de température telles que définies dans les conditions environnementales sectorielles relatives au déversement des eaux de refroidissement des centrales électriques à l'article 4.2.4.1 du VLAREM II, ainsi qu'aux conditions environnementales particulières des autorisations écologiques du 31/03/2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) et du 10/11/2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS).

Les valeurs limites d'émission suivantes s'appliquent à la température des eaux de refroidissement déversées :

- maximum 33 °C comme valeur instantanée ;
- maximum 32 °C comme valeur moyenne journalière ; les valeurs horaires mesurées à partir de midi (12 h) un jour jusqu'à midi (12 h) le lendemain sont prises en compte à cet effet ;
- maximum 30 °C comme valeur moyenne mobile sur 30 jours.

Lorsque la température maximale de déversement est atteinte sur une base journalière, ainsi que lorsque la température moyenne journalière de l'eau captée atteint 26 °C, la charge thermique doit être limitée, en particulier lors du renversement du jusant en flot, afin d'atténuer les incidences. Dans ce contexte, la limitation de la charge thermique exprimée en pourcentage doit être conforme aux dispositions du VLAREM en la matière, à savoir :

- lorsque la température moyenne journalière de l'eau captée atteint 26 °C : jusqu'à 70 % de la charge thermique maximale par jour ;
- lorsque la température moyenne journalière de l'eau captée atteint 27 °C : jusqu'à 40 % de la charge thermique maximale par jour ;
- lorsque la température moyenne journalière de l'eau captée atteint 28 °C : jusqu'à 10 % ou moins de la charge thermique maximale par jour.

Les conditions suivantes s'appliquent alors en fonction de la fatalité :

- les tours de refroidissement doivent être utilisées au maximum et les eaux provenant des circuits de refroidissement directs de Doel 1 et Doel 2 doivent être déviées vers les tours de refroidissement ;
- la température au point de déversement commun K3 doit être limitée autant que possible en ouvrant les tours de refroidissement de by-pass.

Température des eaux de refroidissement

Les mesures continues de la température des eaux de refroidissement rejetées au point de déversement commun K3 de la CND pour la situation de départ 2013 et 2014 sont présentées respectivement à la Figure 2-22 et à la Figure 2-23. Les mesures continues de la température des eaux de refroidissement rejetées au point de déversement commun K3 de la CND pour la période 2015-2019 sont présentées respectivement aux Figure 2-24 à Figure 2-28. La valeur instantanée, la valeur moyenne journalière et la valeur moyenne sur 30 jours satisfont aux valeurs guides pour la situation de départ 2013-2014 et pour la

période 2015-2019 (à l'exception d'un nombre limité de valeurs aberrantes fournies par le capteur de température).

L'incidence thermique des eaux de refroidissement déversées sur l'Escaut, tant pour la situation de départ que pour la phase d'exploitation du présent projet, est décrite et évaluée en détail au paragraphe 2.2.3.1.5.

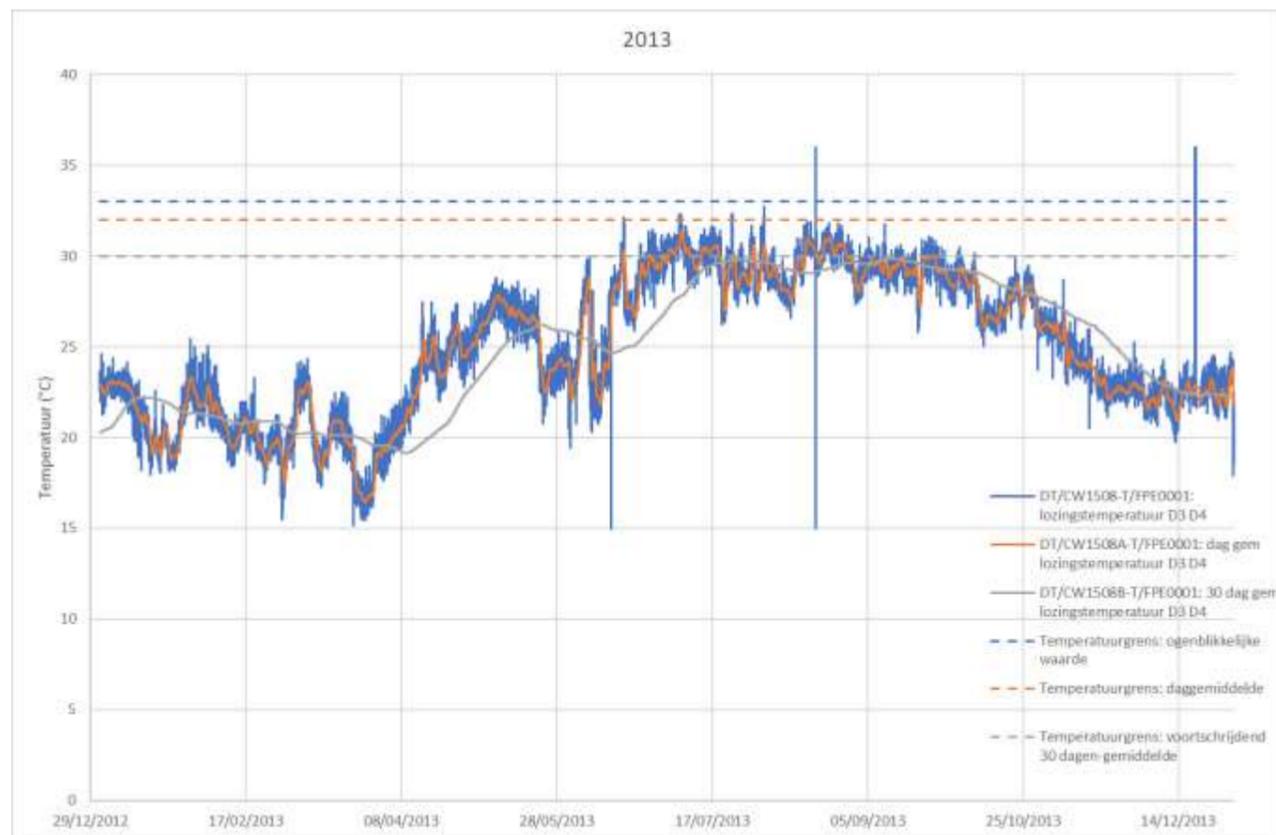


Figure 2-22 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2013

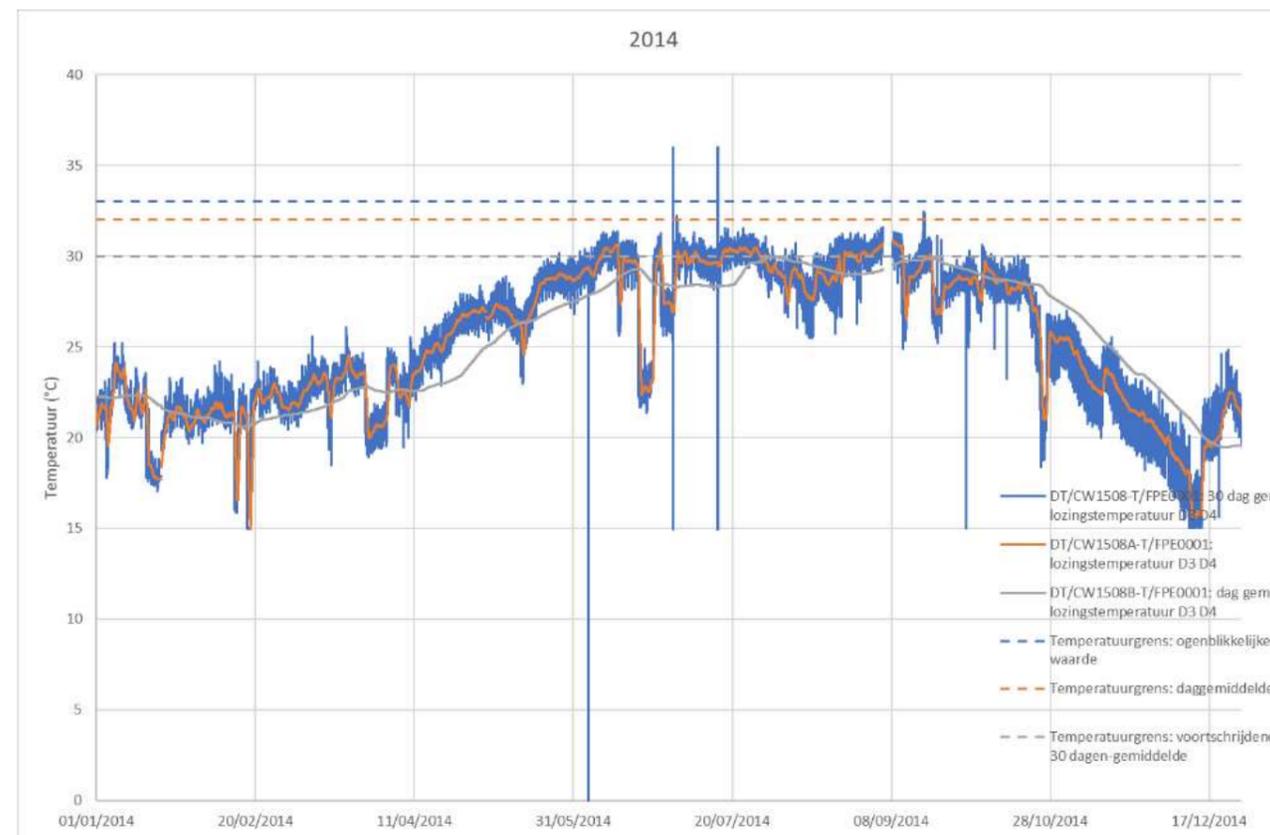


Figure 2-23 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2014

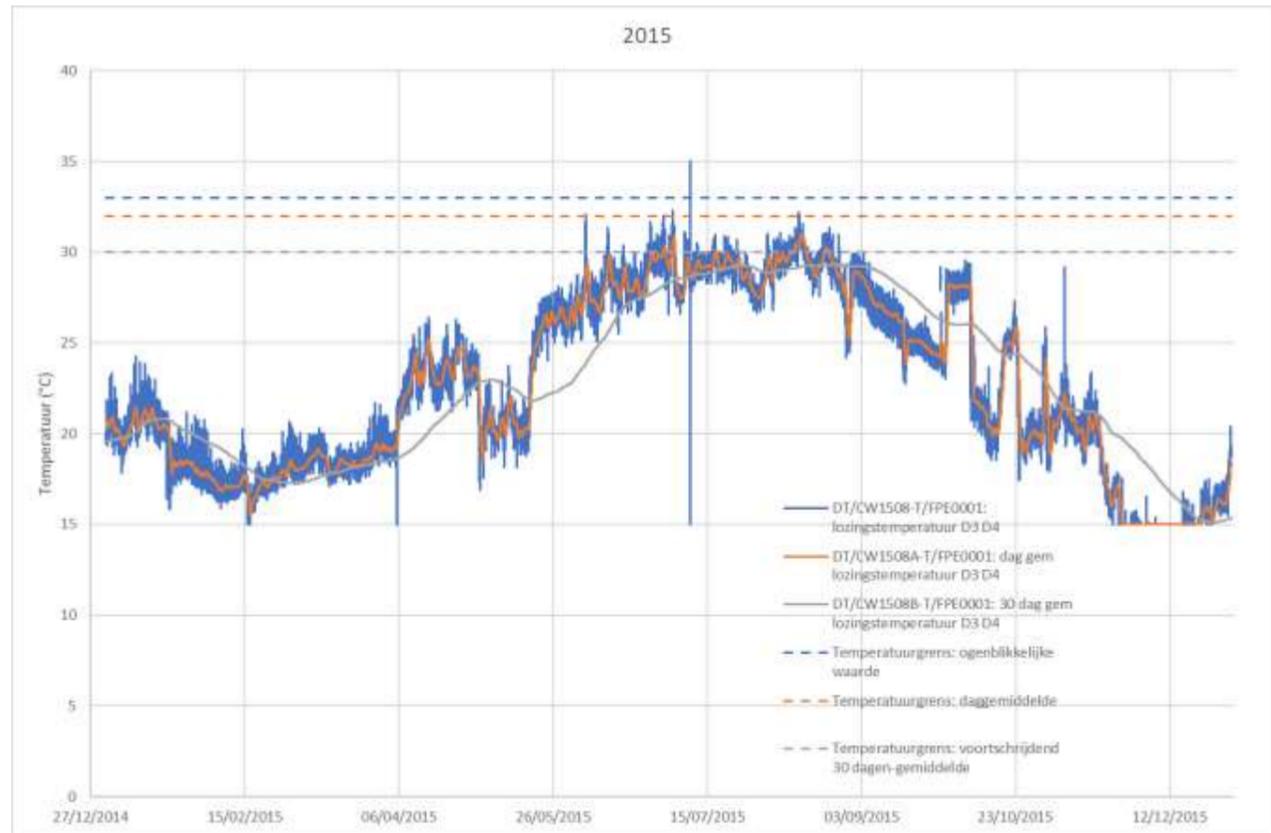


Figure 2-24 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2015

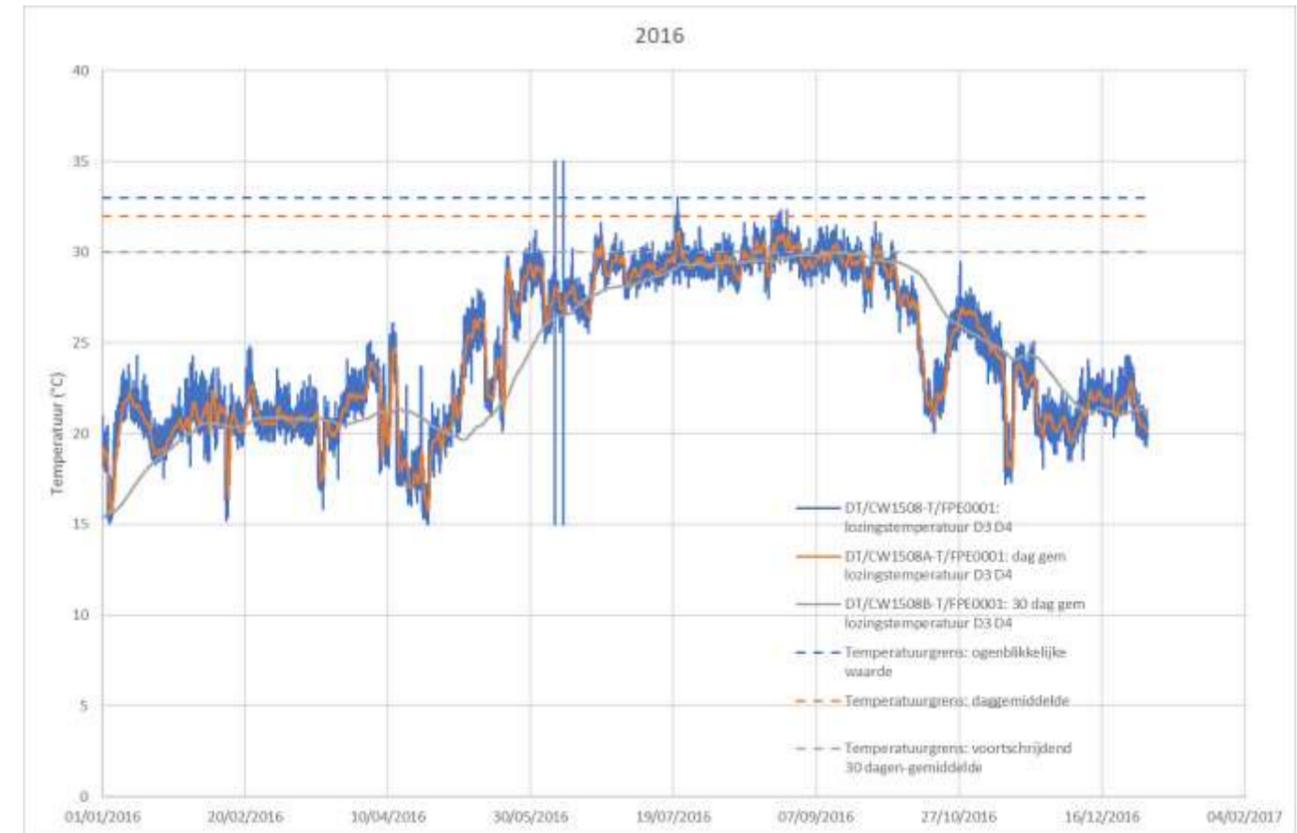


Figure 2-25 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2016

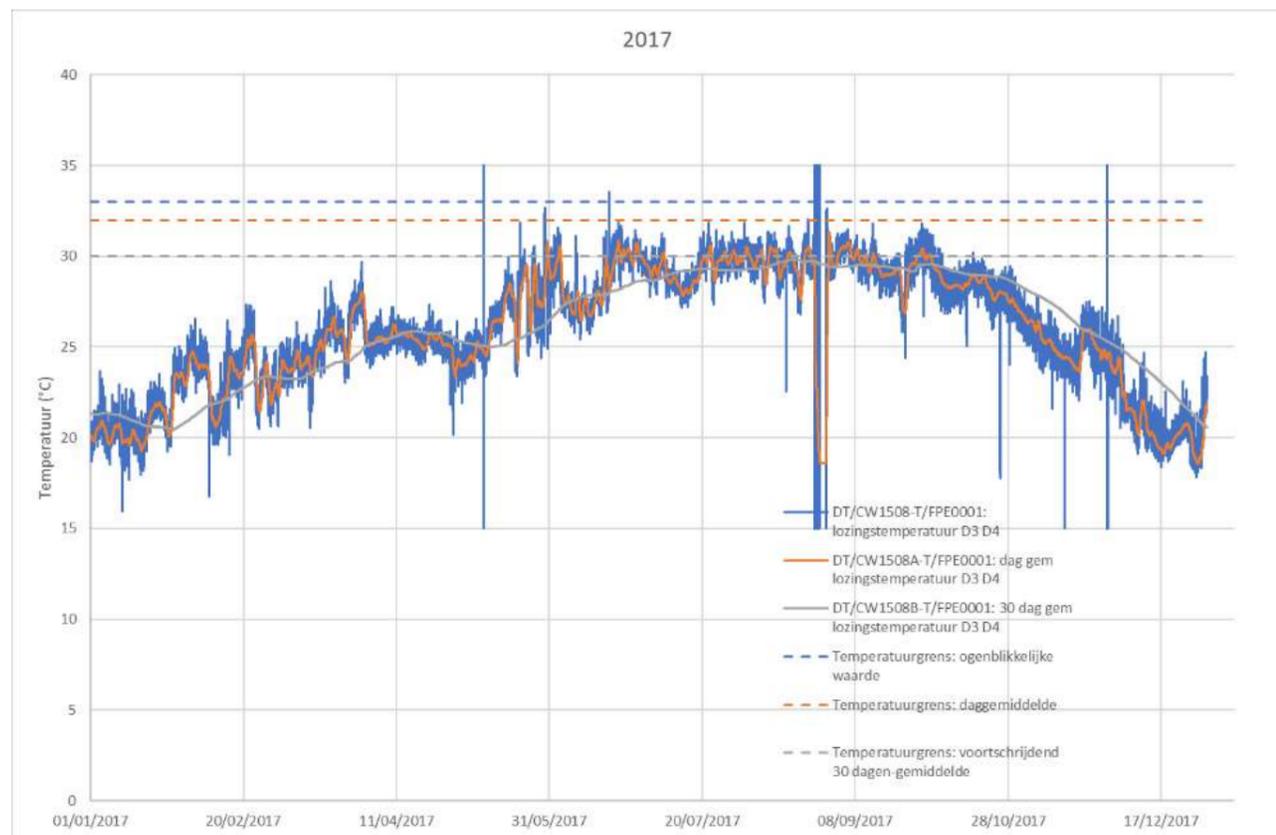


Figure 2-26 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2017

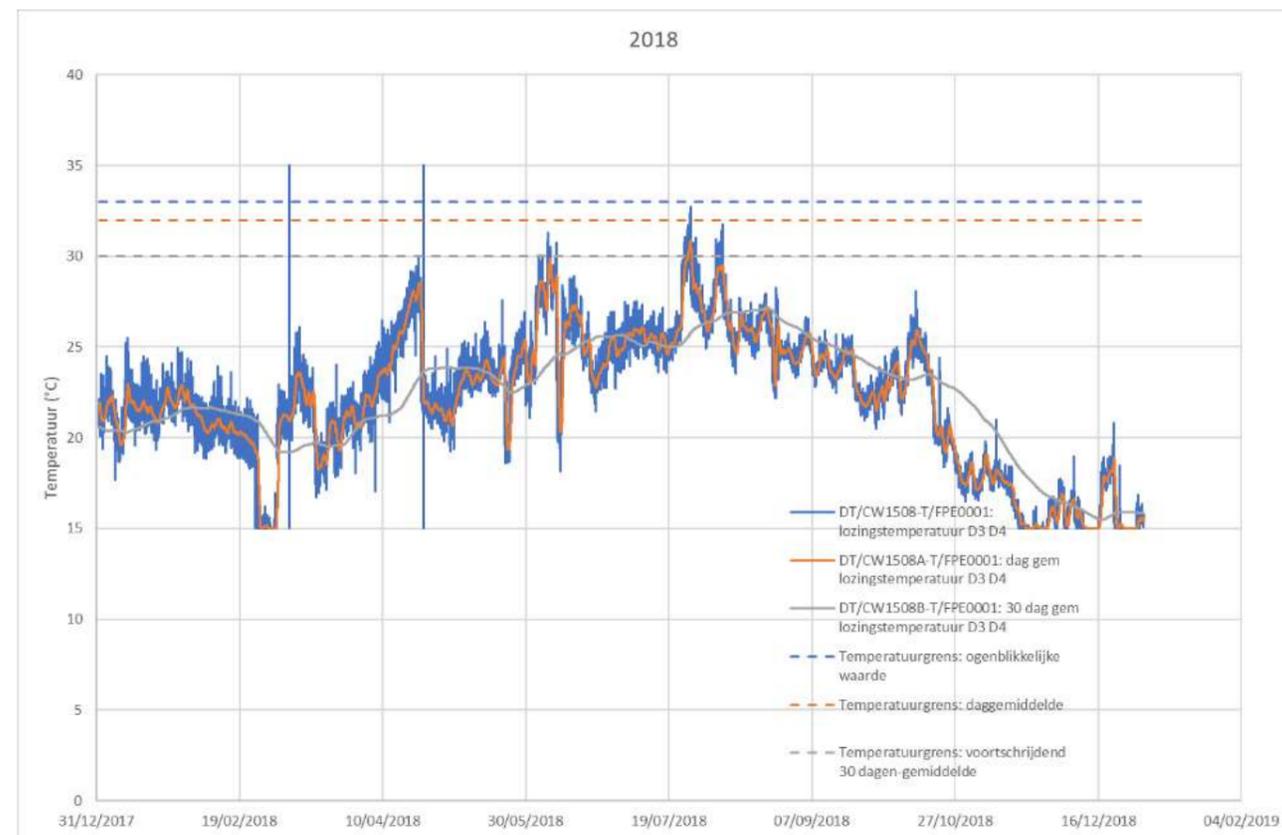


Figure 2-27 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2018

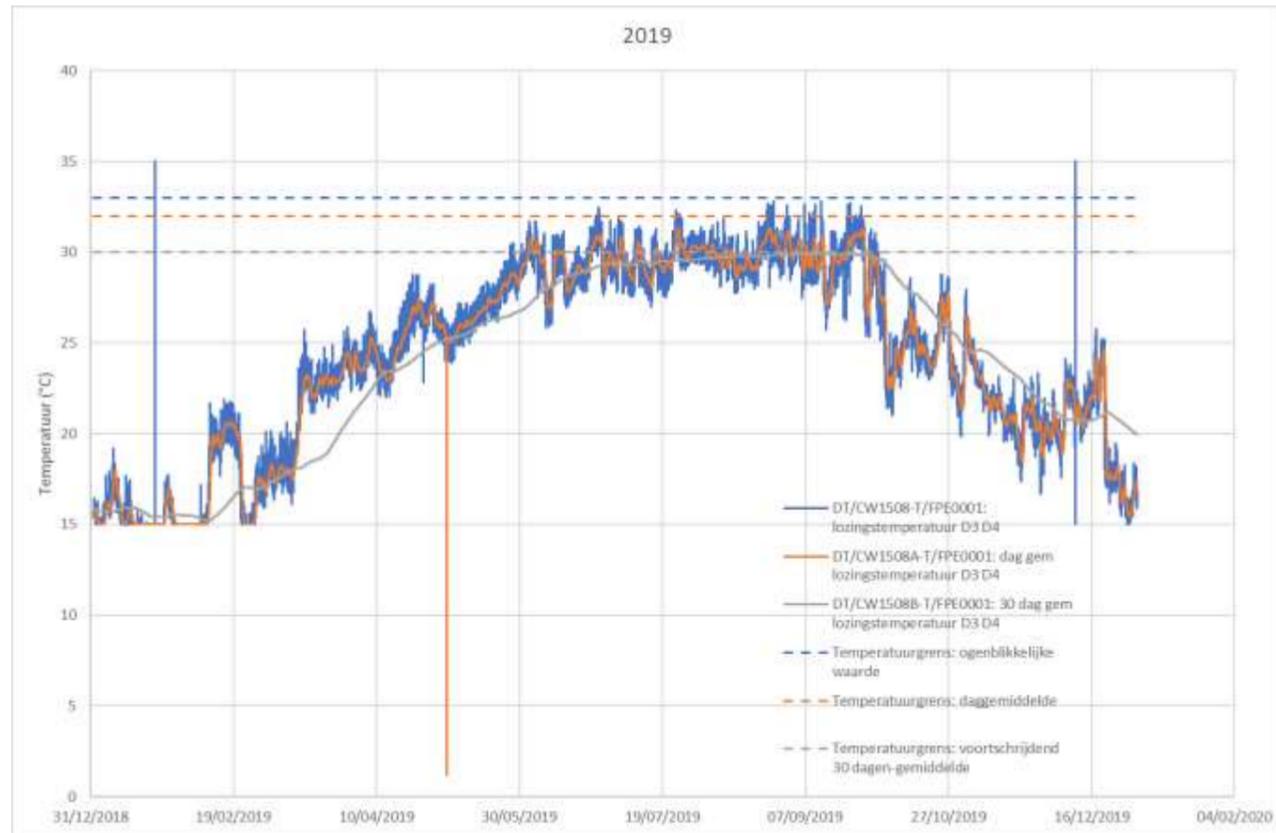


Figure 2-28 Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2019

2.2.3 Évaluation des incidences

2.2.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

2.2.3.1.1 Travaux LTO

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'IEE (cf. chapitre 1.6). Étant donné que les travaux n'impliquaient pas de travaux d'assèchement, aucune incidence n'est attendue pour la discipline Eau.

2.2.3.1.2 Approvisionnement en eau/bilan hydrologique

L'autorisation écologique de la CND précise les débits maximaux de déversement pour les eaux usées sanitaires et industrielles et pour les eaux de refroidissement et, ce faisant, la consommation maximale d'eau. Le projet comprend un renouvellement d'autorisation des installations existantes de la CND. Le bilan hydrologique pour les années de départ 2013-2014 est jugé représentatif de la production pour les années suivantes de la période de renouvellement d'autorisation. Aucun changement pertinent n'est ainsi attendu en ce qui concerne la consommation d'eau et le bilan hydrologique par rapport à la situation de départ.

2.2.3.1.3 Évolution des caractéristiques d'infiltration et d'écoulement – Évaluation aquatique et changement climatique

Évaluation aquatique

L'évaluation aquatique est l'un des instruments généraux du décret du 18 juillet 2003 relatif à la politique intégrée de l'eau, coordonné le 15 juin 2018 (Code de l'Eau). L'évaluation aquatique vise principalement à prévenir ou à minimiser l'apparition d'incidences néfastes sur les systèmes d'eau et, si ce n'est pas possible, à remédier à ces incidences néfastes.

Toutes les interventions nécessitant une autorisation et ayant une incidence potentiellement néfaste sur les systèmes d'eau sont soumises à l'évaluation aquatique. Citons, par exemple, les interventions pour lesquelles un permis d'environnement est requis et qui ont une incidence sur la qualité et la quantité des eaux superficielles ou des eaux souterraines.

Pour les activités, plans ou programmes qui nécessitent une autorisation et qui sont soumis à l'étude d'incidence environnementale, le présent rapport analyse la survenance potentielle d'une incidence néfaste et les conditions à imposer pour l'éviter, la limiter, y remédier ou la compenser.

L'évaluation aquatique doit être effectuée par les autorités. Les éléments nécessaires à la réalisation de l'évaluation aquatique sont fournis dans ce chapitre.

Le site industriel de la CND se situe dans une zone qui est, selon les cartes d'évaluation aquatique, décrite comme :

- non sensible aux inondations ;
- non sensible à l'infiltration ;
- très sensible à l'écoulement souterrain ;
- comportant des pentes de 0,5 % ou de 0,5 à 5 % ;
- non située dans un lit majeur.

Le projet comprend le renouvellement d'autorisation des installations existantes de la CND. Par rapport à la situation de départ, un nombre limité d'asphaltages supplémentaires ont été effectués sur le site de la CND : 70 m² pour un nouveau local incendie équipé d'un réservoir et 2 x 104 m² pour les enceintes de confinement barrières. Un asphaltage temporaire de 50 x 50 m a également été réalisé pour aménager un atelier. Compte tenu du nombre limité d'asphaltages supplémentaires, aucune incidence néfaste ne sera observée à la suite de modifications de l'écoulement des eaux superficielles, du changement structurel des cours d'eau, de modifications de l'infiltration des eaux pluviales, de pertes de qualité des eaux superficielles ou des eaux souterraines ou de modifications de l'écoulement des eaux souterraines.

Le principal impact de la CND sur le système d'eau est le déversement d'eaux usées et d'eaux de refroidissement dans l'Escaut. Le décret sur l'évaluation aquatique stipule que l'évaluation liée à une demande d'autorisation concernant un déversement dans un réseau d'égouts, dans les eaux superficielles ou dans les eaux souterraines doit être effectuée selon le système d'évaluation défini à l'annexe V du décret. Conformément à ce système d'évaluation, les aspects qualitatifs sont abordés dans le VLAREM I et dans les conditions environnementales générales et sectorielles applicables du VLAREM II. Pour l'analyse des aspects qualitatifs, il est fait référence au paragraphe 2.2.3.1.2.

Au paragraphe 2.2.2.5, on constatait un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. La durée de débordement des puits de collecte s'élevait à 18 jours en 2013 et à 14 jours en 2014. Pour la période 2015-2019, la durée de débordement des puits de collecte variait entre 12 et 46 jours. Le débordement fréquent des eaux usées sanitaires est dû aux fuites d'eaux de refroidissement provenant des galeries souterraines et, dans une moindre mesure, d'eaux souterraines, dans le réseau d'égouts mixte. Ces effets de débordement peuvent entraîner des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND. Ceci est considéré comme une incidence négative (-2) par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Engie prend d'ores et déjà les mesures suivantes :

- inspection régulière des fosses septiques ;
- détection et colmatage des fuites dans les galeries souterraines d'eau de refroidissement.

Les eaux pluviales ne sont pas réutilisées. Les eaux pluviales des toits et de la majorité des surfaces asphaltées sont collectées dans un système partagé avec les eaux usées sanitaires et sont épurées au moyen de cinq biorotors. L'eau des parkings à l'entrée du site s'écoule dans le Doorloop voisin. Il est en principe possible de réutiliser les eaux pluviales pour produire de l'eau déminéralisée, en guise d'eau de refroidissement ou à des fins sanitaires. La consommation d'eau de distribution peut ainsi être réduite, au même titre que la fréquence du pompage direct du contenu des cinq puits de collecte des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires en cas de fortes pluies. L'infrastructure nécessaire à la réutilisation des eaux pluviales n'est cependant pas disponible. Le règlement d'urbanisme relatif aux puits d'eau de pluie, aux installations d'infiltration, aux installations tampons et au déversement distinct des eaux usées et des eaux pluviales ne s'applique pas aux bâtiments et constructions existants.

Impact du changement climatique

Afin de pouvoir évaluer les incidences du présent projet sur le climat ou sa vulnérabilité spécifique vis-à-vis des changements climatiques, il convient tout d'abord de dresser un aperçu global des changements

climatiques attendus en ce qui concerne l'eau, et ce sur la base de différents scénarios climatiques pour la Belgique⁵ et pertinents pour la CND :

- épisodes plus fréquents de pluies intenses en hiver et d'orages violents en été, ce qui accroît le risque d'inondations ;
- baisse du débit des rivières en été (baisse de plus de 50 % d'ici la fin du XXI^e siècle) en raison de la diminution des précipitations estivales combinée à une évaporation plus importante, ce qui entraîne des risques de pénuries d'eau.

La Figure 2-29 et la Figure 2-30 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** montrent qu'un excès d'eaux pluviales s'accumule autour de certains bâtiments sur le site de la CND, tant dans le climat actuel que dans le climat futur en 2050 selon le scénario climatique à fort impact (plein été) de la VMM. Cela est dû aux précipitations avec des périodes de retour de 10, 100 et 1 000 ans. La profondeur de l'inondation et la zone inondable sont limitées, tant dans le climat actuel que dans le climat futur en 2050. La croissance de la zone inondable dans le climat futur en 2050 est également limitée par rapport au climat actuel.

Recommandations

Compte tenu du nombre considérable de surfaces asphaltées de la CND, de la fréquence et du volume du débordement des puits de collecte des eaux usées sanitaires du site dans l'Escaut dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018, du fait que les normes de qualité environnementale en matière de N, P et CCO pour l'Escaut ne sont pas respectées dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018 et des épisodes attendus de pluies intenses en hiver et d'orages violents et de pénuries d'eau en été en raison du changement climatique, la discipline Eau recommande d'étudier la faisabilité des mesures suivantes au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD) :

- mesure à la source : pour les nouveaux projets, envisager la séparation des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires, ainsi que les possibilités de réutilisation des eaux de pluie, de l'infiltration ou des systèmes tampons selon les MTD. Il convient, dans ce contexte, de tenir compte des précipitations projetées différenciées selon le climat. Le scénario à fort impact fournit un bon cadre de référence pour accroître la résistance de la CND au climat ;
- mesure en bout de chaîne : envisager l'installation d'un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires selon les MTD en vue de réduire l'effet de débordement.

⁵ Source : klimaat.be

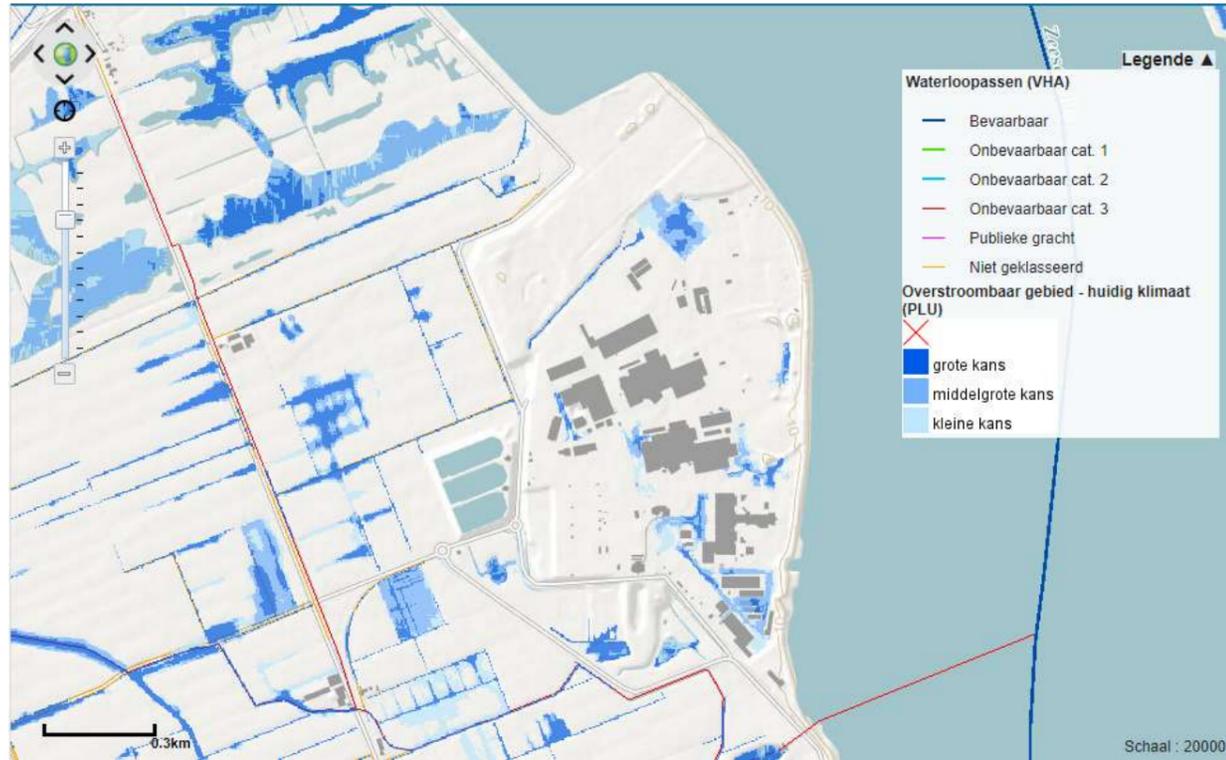


Figure 2-29 Carte des inondations pluviales – zone inondable selon le climat actuel. Probabilité élevée : précipitations avec période de retour de 10 ans (T10); probabilité moyenne : période de retour de 100 ans (T100); faible probabilité : période de retour de 1 000 ans (T1000) (Source : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).

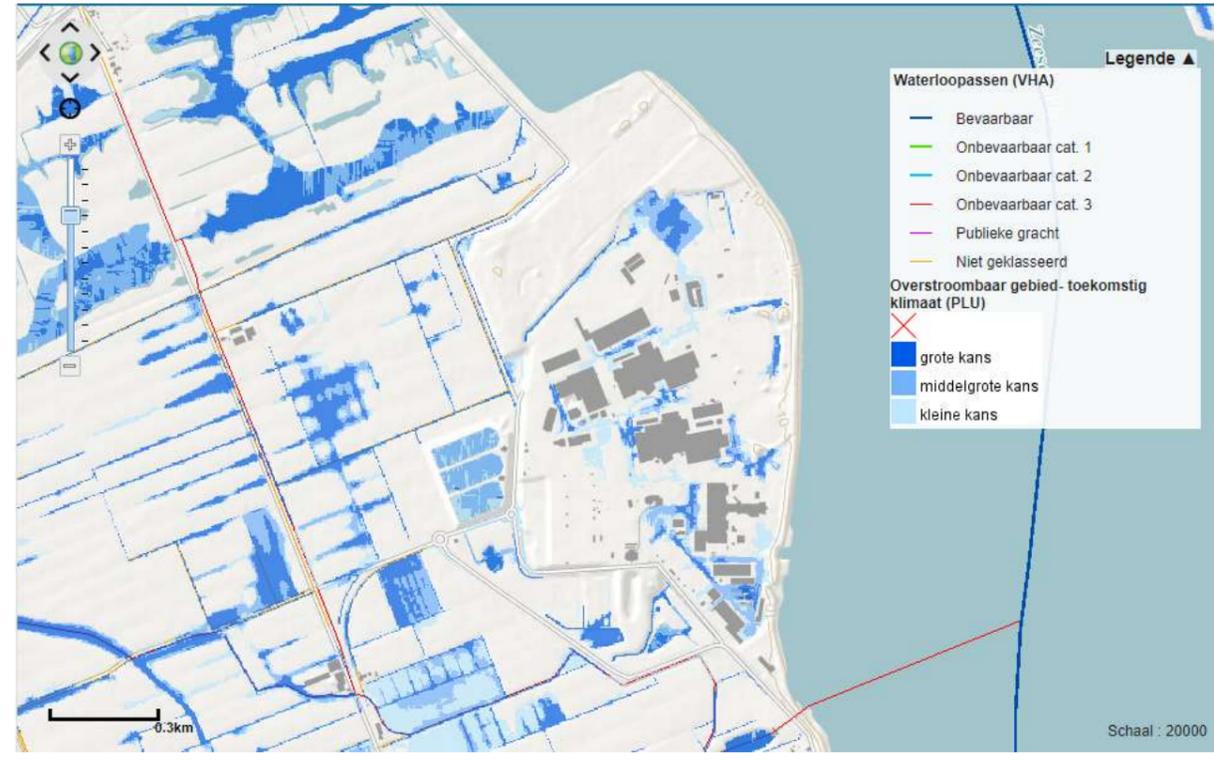


Figure 2-30 Carte des inondations pluviales – zone inondable selon le scénario climatique à fort impact (plein été) 2050. Probabilité élevée : précipitations avec période de retour de 10 ans (T10); probabilité moyenne : période de retour de 100 ans (T100); faible probabilité : période de retour de 1 000 ans (T1000) (Source : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).

2.2.3.1.4 Qualité des eaux superficielles

Les eaux usées de la CND sont déversées dans l'Escaut.

Le débit de l'Escaut peut varier sensiblement. Les hautes eaux de surface se produisent principalement en hiver et en automne ; les basses eaux de surface principalement en été. Le débit réel de l'Escaut à hauteur de la CND est largement déterminé par les marées (l'amplitude moyenne de la marée est de 5 m à hauteur d'Anvers) et est, de ce fait, difficile à quantifier. La présente EIE tient compte d'un débit d'écoulement net moyen annuel de 70 m³/s.

Les points de déversement de la CND se situent entre les points de mesure 159000 et 157000 de la VMM en amont et le point de mesure 154100 de la VMM en aval. Sous l'effet des marées, on observe un mélange des charges déversées vers l'amont et vers l'aval.

La hausse de concentration moyenne calculée (résultant des activités de la CND) de la charge polluante dans l'Escaut au cours des années de départ 2013-2014 est présentée au Tableau 2-12. Lors du calcul de la hausse de concentration, il a été tenu compte de la charge polluante moyenne totale des eaux usées sanitaires, des eaux usées industrielles et des eaux de refroidissement de la CND ; du débit net moyen total rejeté par la CND, ainsi que du débit d'écoulement net moyen de 70 m³/s de l'Escaut. Les flux d'eaux usées et les charges polluantes pour la situation de départ 2013-2014 sont également représentatifs de la période 2015-2019, car l'exploitation de la CND n'a pas changé par rapport à la situation de départ.

Pour chaque paramètre, la hausse de concentration obtenue a été comparée à la norme de qualité environnementale et l'incidence est évaluée selon le cadre de pertinence présenté au paragraphe 2.2.1.3.

Tableau 2-12 Calcul de la contribution

Paramètre	Unité	Charge moy. CND 2013-2014	Unité	Conc. moy. Escaut points de mesure VMM 2013-2014			NQE	Hausse de concentration	% contrib. par rapport à la NQE	Évaluation
				Débit moyen de l'Escaut	70	m³/s				
				159000 – en amont	157000 – en amont	1574100 – en aval	Annexe 2.3.1 Vlarem II			
Débit de déversement net	m³/an	290002								
	m³/s	0,0092								
Consommation biochimique d'oxygène après 5 j.	kg/an	2524	mg O ₂ /l	0,86	1,66	12,00	6	0,00114	0,02 %	Négligeable
Consommation chimique d'oxygène	kg/an	6732	mg O ₂ /l	32,64	43,20	80,00	30	0,00305	0,01 %	Négligeable
Substances en suspension	kg/an	3775	mg/l	109,68	196,20	193,00		0,00171	-	
Orthophosphate	kg/an	57	mg P/l	0,12	0,16	0,16	0,07	0,00003	0,04%	Négligeable
Phosphore, total	kg/an	299	mg P/l	0,48	0,62	0,66		0,00014	-	
Nitrite	kg/an	894	mg N/l	0,01	0,04	0,08	0,2	0,00040	0,20%	Négligeable
Nitrate	kg/an	1916	mg N/l	3,57	4,26	4,30		0,00087	-	
Azote Kjeldahl	kg/an	3315	mg N/l	1,24	1,66	2,00		0,00150	-	
Ammonium	kg/an	3197	mg N/l	0,12	0,31	0,65		0,00145	-	
Azote, total	kg/an	4837	mg N/l	4,84	5,86	5,70		0,00219	-	
Nitrate+nitrite+ammonium	kg/an	4408	mg N/l	3,70	4,59	4,99	0,49	0,00200	0,41 %	Négligeable
Bore, dissous	kg/an	5957	µg/l	528,80	1220,00	1600,00	700	0,00270	0,00 %	Négligeable
Antimoine, dissous	kg/an	-	µg/l	0,79	1,10	1,08	100	-	-	
Cadmium, dissous	kg/an	0,003	µg/l	0,08	0,15	0,15	0,2	0,00000	0,00 %	Négligeable
Chrome, dissous	kg/an	1	µg/l	0,48	0,50	0,50	5	0,00000	0,00 %	Négligeable
Cobalt, dissous	kg/an	-	µg/l	0,40	0,85	0,63	0,5	-	-	
Cuivre, dissous	kg/an	1	µg/l	1,95	2,00	6,00	7	0,00000	0,00 %	Négligeable

Paramètre	Unité	Charge moy. CND 2013-2014	Unité	Conc. moy. Escaut points de mesure VMM 2013-2014			NQE	Hausse de concentration	% contrib. par rapport à la NQE	Évaluation
				Débit moyen de l'Escaut	70	m³/s				
				159000 – en amont	157000 – en amont	1574100 – en aval	Annexe 2.3.1 Vlarem II			
Manganèse, dissous	kg/an	22	µg/l	24,52	81,00	30,00		0,00001	-	
Molybdène, dissous	kg/an	-	µg/l	3,94	6,26	6,90	340	-	-	
Sélénium, dissous	kg/an	-	µg/l	1,01	1,00	2,30	2	-	-	
Étain, dissous	kg/an	-	µg/l	0,50	0,50	0,50	3	-	-	
Zinc, dissous	kg/an	14	µg/l	7,06	16,60	15,00	20	0,00001	0,00 %	Négligeable
Arsenic, dissous	kg/an	4	µg/l	3,00	4,42	4,50	3	0,00000	0,00 %	Négligeable
Mercure, dissous	kg/an	0,006	µg/l	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00000	0,00 %	Négligeable
Plomb, dissous	kg/an	0,201	µg/l	0,29	0,25	0,50	1,3	0,00000	0,00 %	Négligeable
Nickel, dissous	kg/an	0,262	µg/l	1,92	2,00	2,00	8,6	0,00000	0,00 %	Négligeable
Argent, dissous	kg/an	-	µg/l	0,07	0,08	0,08	0,08	-	-	
Aluminium, dissous	kg/an	16	-	-	-	-		0,00001	-	
Baryum, dissous	kg/an	7	µg/l	33,32	45,20	50,00	60	0,00000	0,00 %	Négligeable
Fer, dissous	kg/an	181	-	-	-	-		0,00008	-	
Thallium, dissous	kg/an	-	µg/l	0,48	0,50	0,50	0,2	-	-	
Titane, dissous	kg/an	13	µg/l	0,52	0,50	1,00	20	0,00001	0,00 %	Négligeable
Vanadium, dissous	kg/an	-	µg/l	3,01	4,86	4,90	4	-	-	
Uranium, dissous	kg/an	-	µg/l	1,09	1,62	1,85	1	-	-	
Tungstène, dissous	kg/an	-	-	-	-	-		-	-	
Strontium, dissous	kg/an	-	-	-	-	-		-	-	
Béryllium, dissous	kg/an	-	µg/l	0,19	0,20	0,20	0,08	-	-	
Tellure, dissous	kg/an	-	µg/l	0,48	0,50	0,50	100	-	-	

				Conc. moy. Escaut points de mesure VMM 2013-2014			NQE	Hausse de concentration	% contrib. par rapport à la NQE	Évaluation
				Débit moyen de l'Escaut	70	m³/s				
Paramètre	Unité	Charge moy. CND 2013-2014	Unité	159000 – en amont	157000 – en amont	1574100 – en aval	Annexe 2.3.1 Viarem II			
Fluorure, dissous	kg/an	108	µg/l	-	-	-	900	0,00005	0,00 %	Négligeable
Chlorure	kg/an	144132	mg/l	2289,60	5120,00	7300,00		0,06528	-	
Sulfate	kg/an	116445	mg/l	375,36	720,00	1000,00		0,05274	-	
Magnésium, dissous	kg/an	-		46520,00	282000,00	450000,00		-	-	
Silicium, dissous	kg/an	-		4700,00	7160,00	8000,00		-	-	
AOX	kg/an	76954	µg/l	-	-	-	40	0,03486	0,09 %	Négligeable
Cyanures, total	kg/an	0,226	µg/l	0,22	0,00	0,70	50	0,00000	0,00 %	Négligeable

Jaune : aucune mesure en 2013 et 2014 ou seuil de détection de la mesure supérieur à la norme de déversement, rendant impossible le calcul de la contribution.

Le Tableau 2-11 révèle que la contribution par rapport à la NQE est inférieure à 0,1 % pour tous les paramètres. Une incidence négligeable est donc attendue (0) par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

Sur une base moyenne annuelle, une contribution négligeable (inférieure à 0,1 %) est calculée pour les paramètres des éléments nutritifs nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate. Au paragraphe 2.2.2.5, on constatait un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. La durée de débordement des puits de collecte s'élevait à 18 jours en 2013 et à 14 jours en 2014. Pour la période 2015-2019, la durée de débordement des puits de collecte variait entre 12 et 46 jours. Le débordement fréquent des eaux usées sanitaires est dû aux fuites d'eaux de refroidissement provenant des galeries souterraines et, dans une moindre mesure, d'eaux souterraines, dans le réseau d'égouts mixte. Ces effets de débordement peuvent entraîner des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée. Ceci est considéré comme une incidence négative (-2) par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

Afin de réduire l'effet de débordement des eaux usées sanitaires de la CND, des recommandations ont été formulées au paragraphe 2.2.3.1.3, consistant à envisager l'installation d'un réseau d'égouts distinct pour les eaux pluviales et les eaux usées sanitaires selon les MTD et à envisager l'installation d'un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires selon les MTD.

Modification de la norme relative au nitrite

La contribution du nitrite par rapport à la NQE est inférieure à 0,1 %, ce qui signifie qu'un impact négligeable est attendu (< 1 %) par rapport à la situation sans exploitation de la CND. En 2013 et 2014, l'entreprise possédait une autorisation pour une norme de déversement de nitrite de 20 mg/l jusqu'au 31 décembre 2014, après quoi la norme a été durcie à 2 mg/l. En 2013, la concentration moyenne de nitrite était supérieure à la norme de déversement. En 2014, la concentration moyenne était inférieure à la norme de déversement, mais des pics de concentrations supérieurs à la norme de déversement ont tout de même été observés. En 2013 et 2014, une étude a été menée sur la présence et le traitement du nitrite dans les eaux usées industrielles. L'étude de la CND a révélé que le nitrite présent dans les eaux usées industrielles provenait de la croissance biologique dans la station d'épuration GSL, où l'ammonium et/ou le nitrate sont transformés en nitrite. Les mesures qui pourraient être prises pour inhiber la croissance biologique ont été examinées. Afin de limiter la prolifération bactérienne de manière corrective, la CND a effectué un test unique en injectant du H₂O₂ dans les avaloirs. Compte tenu de la réactivité (obstruction des filtres due au dégagement de pollution) et de la formation de mousse, cette technique n'a pas été retenue. Fin 2014, un dossier a été introduit en vue de modifier les conditions d'autorisation écologique, notamment en vue d'adapter la condition particulière relative à la teneur en nitrite dans les eaux usées industrielles. Le dossier demandait l'autorisation d'une norme moyenne journalière de 20 mg NO₂-N/l et d'une charge annuelle flexible de 1 200 kg NO₂-N/an.

Dans le décret subséquent du 09/04/2015 (M03/46003/46/2/W/6/LDR/FV), la norme relative aux nitrites a été remplacée par une valeur de 20 mg N-NO₂/l jusqu'au 31 décembre 2017 inclus et de 2 mg N-NO₂/l à partir du 1^{er} janvier 2018. Les conditions suivantes y ont été ajoutées :

En ce qui concerne le nitrite, l'entreprise doit mener des recherches supplémentaires sur :

- la voie par laquelle la transformation microbienne a lieu ;
- les causes de l'augmentation des concentrations d'azote libérées (de manière discontinue) par certaines unités ou lors de certaines opérations ;
- (facultatif) la faisabilité du processus ELONITA.

Un rapport intermédiaire sur l'état d'avancement de ces recherches, ainsi que sur l'efficacité du dosage de choc prévu au moyen de H₂O₂ pour atteindre la norme temporaire de 20 mg NO₂-N/l, doit être remis au LNE (département Milieuvergunningen), aux experts, à l'agent de protection de l'environnement de la commune et à la VMM pour le 31 décembre 2016 au plus tard.

Un rapport intermédiaire a entre-temps été établi par Engie (Onderzoek oorsprong nitriet in industrieel afvalwater, réf. 10010675123/000/, en date du 08/03/2017) en ce qui concerne l'étude du nitrite. Les déversements d'eaux usées industrielles ont fait l'objet d'analyses complémentaires en matière de nitrites à partir de 2013. La conclusion de ce rapport intermédiaire était la suivante :

- le nitrite présent dans les eaux usées est formé à hauteur du bâtiment de déversement secondaire (GSL) et résulte de la transformation de l'ammonium par la biologie présente ;
- la présence d'ammonium est une condition préalable à la formation de nitrites. Il n'y a toutefois pas de relation entre la concentration d'ammonium et de nitrite ;
- la quantité d'ammonium présente provient des déversements d'eaux de traitement issues des circuits secondaires. La majorité de ces eaux provient de l'unité Doel 3. La principale source de l'ammonium présent est un dysfonctionnement du système de traitement (via osmose inverse) des effluents des pompes à vide de l'unité Doel 3. L'une des conséquences de ce dysfonctionnement est le débordement d'un réservoir tampon destiné à la collecte des condensats provenant de ces pompes à vide. Une autre contribution pourrait être la fuite au niveau du joint de ces pompes à vide.

La probabilité de formation de nitrites pourrait être réduite en limitant la charge d'ammonium vers le GSL, mais on ne peut exclure que l'ammonium résiduel se transforme entièrement en nitrite. La conclusion de ce rapport a été confirmée par une étude de Sweco (Motivering wijziging norm voor nitriet, réf. 0546-0182, en date du 01/12/2017). En plus de rechercher la cause de la formation de nitrite, cette étude a également examiné des solutions en bout de chaîne. Le rapport a montré que les inconvénients d'une solution en bout de chaîne l'emportent sur les avantages et que la faisabilité est douteuse. Cette étude a été jointe à un dossier de demande de modification de la norme relative au nitrite. Dans le décret subséquent du 07/02/2019 (2018122825), la norme relative aux nitrites a été remplacée par une valeur de 8 mg N-NO₂/l jusqu'au 31 décembre 2021 inclus et de 2 mg N-NO₂/l à partir du 1^{er} janvier 2022. Les conditions suivantes y ont été ajoutées :

- *un programme de contrôle comportant des actions pour éviter le débordement du réservoir de collecte des condensats sous vide doit être mis en œuvre ;*
- *d'autres recherches doivent être menées afin de réduire le temps de rétention hydraulique dans le système GSL ;*
- *l'exploitant établira un rapport d'évaluation intermédiaire afin d'indiquer l'état d'avancement des recherches et de l'élaboration de mesures à la source (programme de contrôle et recherches complémentaires sur le temps de rétention hydraulique) et afin de rendre démontrable l'impact*

sur la qualité de déversement finale ; ce rapport devra être transmis au département Ecologisch Toezicht de la Vlaamse Milieumaatschappij et à la division GOP (Milieu) du département Omgeving pour le 31 décembre 2019 au plus tard.

Engie a établi un rapport d'évaluation intermédiaire pour les nitrites (Tussentijds evaluatierapport nitrieten KCD, réf. 10010933709, en date du 03/12/2019). Les mesures à la source ci-dessous ont été introduites au cours de la période 2016-2018 :

- évacuation du trop-plein du réservoir de collecte des condensats sous vide vers le réservoir de neutralisation ;
- collecte de l'eau d'étanchéité des pompes à vide D3 ;
- remplacement du réservoir tampon de l'installation GSL (volume mort réduit, temps de rétention réduit) ;
- colmatage des fuites dans les circuits de refroidissement des pompes à vide ;
- l'évacuation du concentré de l'installation d'osmose inverse s'effectuait auparavant sur demande, lorsque le réservoir était plein. Cette mesure a été remplacée par une vidange hebdomadaire du réservoir. Cela permet d'éviter le risque de temps d'arrêt dus à des réservoirs pleins.

La mise en œuvre de ces mesures à la source a permis de respecter la norme de 8 mg N-NO₂/l. La norme future de 2 mg N-NO₂/l est sporadiquement dépassée, mais la concentration est en moyenne inférieure à la norme.

Modification de la norme relative aux AOX

La contribution des AOX par rapport à la NQE est inférieure à 0,1 %, ce qui signifie qu'un impact négligeable est attendu (< 1 %) par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Des concentrations accrues d'AOX ont toutefois été mesurées dans les eaux usées sanitaires et industrielles et dans les eaux de refroidissement, ce qui explique que ce paramètre est décrit séparément.

Du NaOCl est ajouté à l'eau de refroidissement en guise d'agent de conditionnement, afin de prévenir l'encrassement biologique dans le système de refroidissement. Cela peut entraîner la formation d'AOX. Le bromoforme s'avère être un composant particulièrement important dans les eaux saumâtres.

Les valeurs accrues d'AOX dans les eaux usées industrielles sont probablement dues à l'interférence des chlorures provenant des effluents de régénération ou à des fuites d'eau de refroidissement dans le circuit d'eaux usées industrielles. En 2014, une étude a été menée sur l'incidence du NaOCl en cas d'éventuelle oxydation du nitrite en nitrate. La formation d'AOX a également été étudiée dans ce contexte. La transformation de nitrite en nitrate est possible en présence d'un excès important de NaOCl. Le dosage s'avère avoir une influence notable sur la formation d'AOX.

Fin 2014, un dossier a été introduit en vue de modifier les conditions d'autorisation écologique, demandant notamment qu'une norme de déversement particulière de 400 µg/l soit autorisée pour les AOX. Cette norme de déversement a été approuvée dans le décret du 09/04/2015 (M03/46003/46/2/W/6/LDR/FV).

Un régime de conditionnement optimal peut permettre de réduire la quantité de NaOCl utilisée et la période pendant laquelle le conditionnement doit être appliqué, ce qui conduit finalement à une réduction

des émissions annuelles d'organohalogènes dans les eaux superficielles via les systèmes de refroidissement. Un dosage excessif peut être causé par un contrôle sous-optimal du processus, mais aussi par des fuites de processus. La politique doit avant tout se concentrer sur la réduction de l'utilisation de NaOCl (Berbee, 1997).

Outre diverses réactions chimiques, certains aspects liés aux processus s'avèrent également très importants. La pratique montre qu'à volume d'eau de refroidissement comparable, un temps de rétention plus long dans le système de refroidissement à écoulement direct peut nécessiter un dosage de chlore plus important à l'entrée (Berbee, 1997).

Le paramètre de contrôle de loin le plus important s'avère être le chlore actif. Une régulation adéquate de cette consommation peut permettre de minimiser l'impact environnemental (Berbee, 1997). À la CND, le dosage de NaOCl est actuellement effectué sur la base de l'analyse de l'excès de chlore actif et de l'expérience acquise avec les joints des tours de refroidissement. Un éventuel dosage supplémentaire est effectué sur la base du contrôle de la croissance biologique sur des plaques témoins dans les tours de refroidissement et de mesures du poids du joint. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection ($< 100 \mu\text{g/l}$) dans les eaux de refroidissement déversées. Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, il est recommandé d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ $10 \mu\text{g/l}$ (au lieu de $100 \mu\text{g/l}$ dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

2.2.3.1.5 Impact thermique du déversement des eaux de refroidissement

Les normes de qualité environnementale (cf. annexe 2.3.1 du VLAREM II) relatives à la température qui déterminent le bon état écologique et le bon état chimique de l'Escaut à hauteur de la CND (type « Eaux de transition – estuaire de plaine macrotidal saumâtre » (O1b)) sont :

- température max. : $25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- impact thermique du déversement : max. $+ 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Dans l'EIE de 2010 en vue du renouvellement de l'autorisation écologique de la CND, l'impact du déversement des eaux de refroidissement sur la température de l'Escaut a été décrit et évalué en appliquant le modèle CORMIX. L'EIE suggérait alors d'effectuer un suivi de la température de l'Escaut à hauteur du Plateau de Doel pour y vérifier l'évolution de la température pendant le cycle de marée, et plus particulièrement lors du renversement à marée basse, ainsi que pour valider le modèle CORMIX. Cette recommandation a été suivie dans le décret lié au renouvellement de l'autorisation de la CND (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW, en date du 31/03/2011), qui stipule qu'un programme de suivi doit être mis en œuvre afin d'évaluer l'impact des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire sur l'Escaut et afin de valider et de préciser davantage les résultats du modèle.

En 2012, cinq campagnes de suivi ont été menées par Arcadis, sur l'ordre d'Engie, afin de répondre à cette exigence. Les campagnes de suivi ont été réalisées conformément au programme de suivi établi le 24 mai 2011, conformément à la « proposition de suivi complémentaire » incluse dans le rapport des campagnes de suivi 1 et 2 (en date du 05/09/2011) et conformément aux remarques et propositions formulées par les autorités compétentes avant le début de la 1^{re} campagne de suivi et lors de la

consultation du 12 septembre 2011. Le rapport complet des résultats de la campagne de suivi est joint à l'annexe B.

Les cinq campagnes de suivi ont été menées entre juin 2011 et mars 2012. La température et la teneur en oxygène ont alors été mesurées à deux profondeurs par rapport à la surface de l'eau dans et autour du panache de déversement dans différentes conditions de marée, et plus particulièrement lors du renversement à marée basse. On désire principalement connaître cette évolution aux températures les plus élevées de l'Escaut pendant les périodes chaudes. Les campagnes de suivi ont donc été menées au cours des différentes saisons. Les cinq campagnes de suivi ont toujours été réalisées lorsque l'ensemble des unités étaient en service, à un débit de déversement moyen de 195 760 m³/h. Ce débit et la charge thermique qui en résulte sont représentatifs à la fois de la situation de départ et de la phase d'exploitation 2015-2018 du présent projet.

Les mesures ne montrent pas d'appauvrissement en oxygène de l'eau de l'Escaut à la suite du déversement d'eau de refroidissement chaude, mais plutôt un léger enrichissement (lorsque l'eau de refroidissement passe par le processus de refroidissement, elle est soumise à une forte aération). Les résultats des mesures d'oxygène ne sont pas examinés plus en détail dans le rapport.

Constats relatifs aux mesures de température

Les constats relatifs aux mesures de la température sont décrits ci-dessous par période du cycle de marée.

- Marée descendante :
 - à marée descendante, un panache se forme dans la zone située à l'intérieur de la levée. La température diminue donc en fonction de la distance par rapport au point de déversement ;
 - dans la zone située entre 200 et 300 m du point de déversement, la température reste presque identique à la température de déversement ;
 - à l'extrémité de la levée, à une distance d'environ 1 300 m en aval du point de déversement, la hausse de température (ΔT) est d'environ 1 °C ;
 - au cours de la période qui suit la marée haute, la levée reste encore immergée un long moment. Les eaux de refroidissement peuvent donc théoriquement se répandre sur toute la largeur et sur toute la profondeur de l'Escaut et sont continuellement mélangées à l'eau fraîche et froide de l'Escaut provenant de l'amont. La zone où la hausse de température est perceptible reste ainsi limitée à un cône à l'intérieur de la levée (zone hachurée à la Figure 2-31) ;

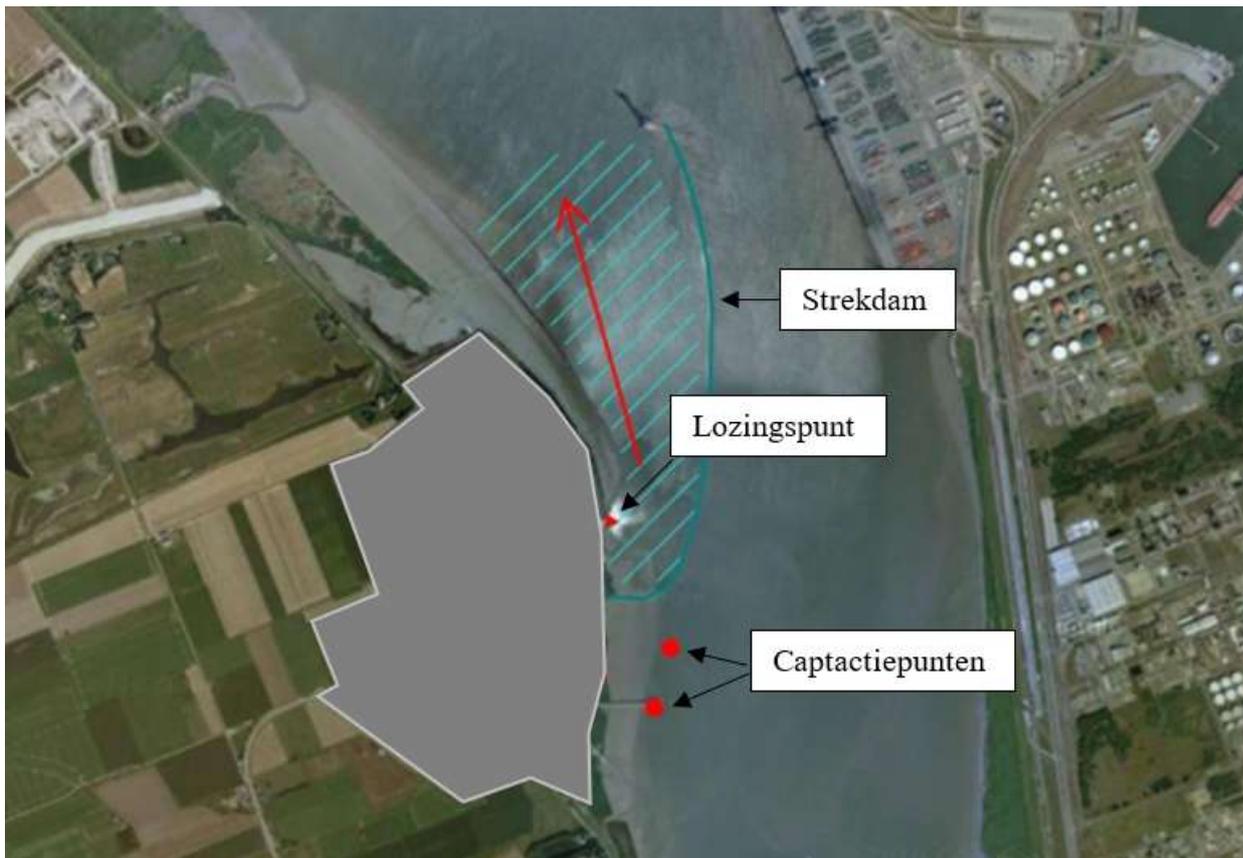


Figure 2-31 Zone présentant une hausse de température perceptible ($> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) à marée descendante, levée immergée

- à partir du moment où la levée se trouve au-dessus de la surface de l'eau (environ 1,5 heure avant le renversement), il n'y a plus d'afflux d'eau douce et froide de l'Escaut depuis l'amont vers la zone située à l'intérieur de la levée et, en aval, l'eau ne peut plus se répandre sur toute la largeur et sur toute la profondeur de l'Escaut. La zone où la hausse de température est perceptible est alors définie comme l'ensemble de la zone située à l'intérieur de la levée (zone hachurée à la Figure 2-32) ;

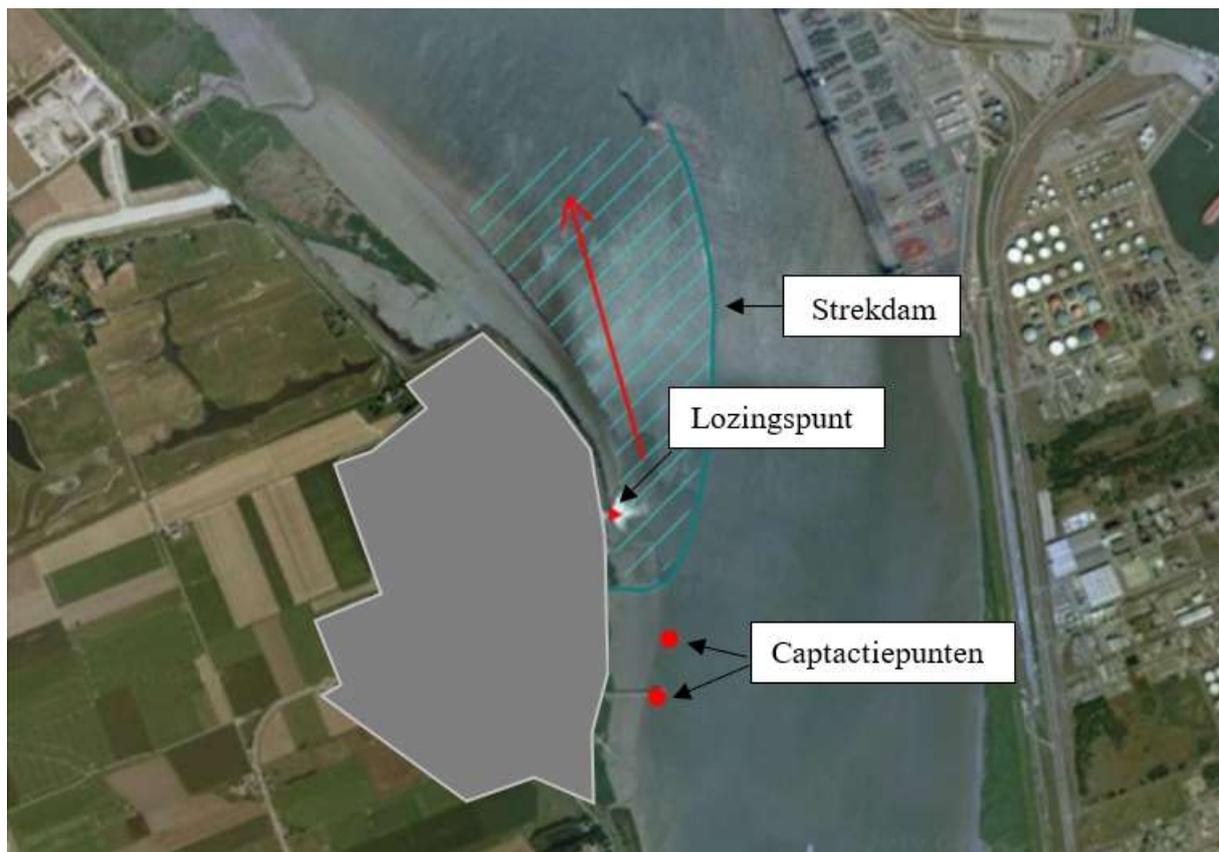


Figure 2-32 Zone présentant une hausse de température perceptible ($> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) à marée descendante, levée émergée

- on observe une nette stratification thermique : les eaux de refroidissement plus chaudes et moins denses flottent à la surface. La différence de température entre l'eau en surface et l'eau en profondeur diminue à mesure qu'on s'éloigne du point de déversement ;
- à une profondeur comprise entre 2 et 2,5 m, une forte hausse de température n'est perceptible qu'à proximité du point de déversement ($< 300\text{ m}$). Dans cette zone, on constate en effet un mélange vertical conséquent en raison de la turbulence causée par les eaux de refroidissement entrantes, de la faible profondeur de l'eau et de la morphologie changeante. Il y a probablement une zone plus profonde à hauteur du point de déversement, suivie d'une dune un peu plus en aval.
- Renversment à marée basse :
 - lors du renversment à marée basse, les eaux de refroidissement s'accumulent à l'intérieur de la levée, entraînant une hausse de température dans cette zone. La température diminue à mesure qu'on s'éloigne du point de déversement ;
 - à une distance de 400 à 500 m en aval du point de déversement, la hausse de température (ΔT) de l'eau de l'Escaut pendant le renversment est de 10 à 12 $^{\circ}\text{C}$ en moyenne à la surface (pour une ΔT de 11 à 16 $^{\circ}\text{C}$ lors du déversement), et de 6 à 7 $^{\circ}\text{C}$ en moyenne à une profondeur de 2 à 2,5 m. La hausse de température à la surface reste supérieure à 5 $^{\circ}\text{C}$ jusqu'à une distance d'environ 850 m. À une profondeur de 2 à 2,5 m, la ΔT est limitée à environ 3 $^{\circ}\text{C}$ à une distance de 800 m. À 1 250 m en aval du point de déversement, la ΔT est comprise entre 0,5 et 1 $^{\circ}\text{C}$;

- les températures d'eau les plus élevées, tant lors de l'extraction des eaux de refroidissement qu'en aval du point de déversement, ont été observées en été lors de la 2^e campagne de suivi (02/08/2011). Au cours de cette campagne de suivi, la température moyenne de l'Escaut lors de l'extraction à hauteur de la CND s'élevait à environ 19,8 °C. En ce qui concerne les températures en aval du point de déversement, on a constaté ce qui suit :
 - la température de l'eau en surface (jusqu'à 0,5 m de profondeur) peut dépasser 25 °C jusqu'à environ 800 m en aval du point de déversement lors du renversement à marée basse,
 - la température de l'eau à une profondeur comprise entre 2 et 2,5 m peut dépasser 25 °C jusqu'à environ 450 m en aval du point de déversement lors du renversement à marée basse.
- Marée montante :
 - à marée montante, le panache de déversement situé à l'intérieur de la levée est progressivement repoussé vers le point de déversement ;
 - à mesure que le niveau de l'eau remonte, la levée est à nouveau immergée. Les eaux de refroidissement tout juste déversées et les eaux accumulées à l'intérieur de la levée sont emportées et s'écoulent sur toute la largeur de la levée, en amont ;
 - à l'intérieur de la levée, une hausse de température est à peine perceptible au fil du temps ;
 - en amont, à l'extérieur de la levée, la zone d'impact est de taille limitée ; un nuage se forme au sud du point de déversement → les eaux de refroidissement sont plus ou moins piégées entre le point de déversement et les points de captage (zone hachurée à la Figure 2-33) ;
 - la zone d'impact à marée montante est mesurable jusqu'à un maximum de 500 m à l'est du point de déversement et s'étend à un maximum de 800 en amont (au sud) du point de déversement. Dans cette zone, la hausse de température est de 1 à 3 °C ; une ΔT supérieure a été mesurée de manière exceptionnelle (maximum 6 °C).

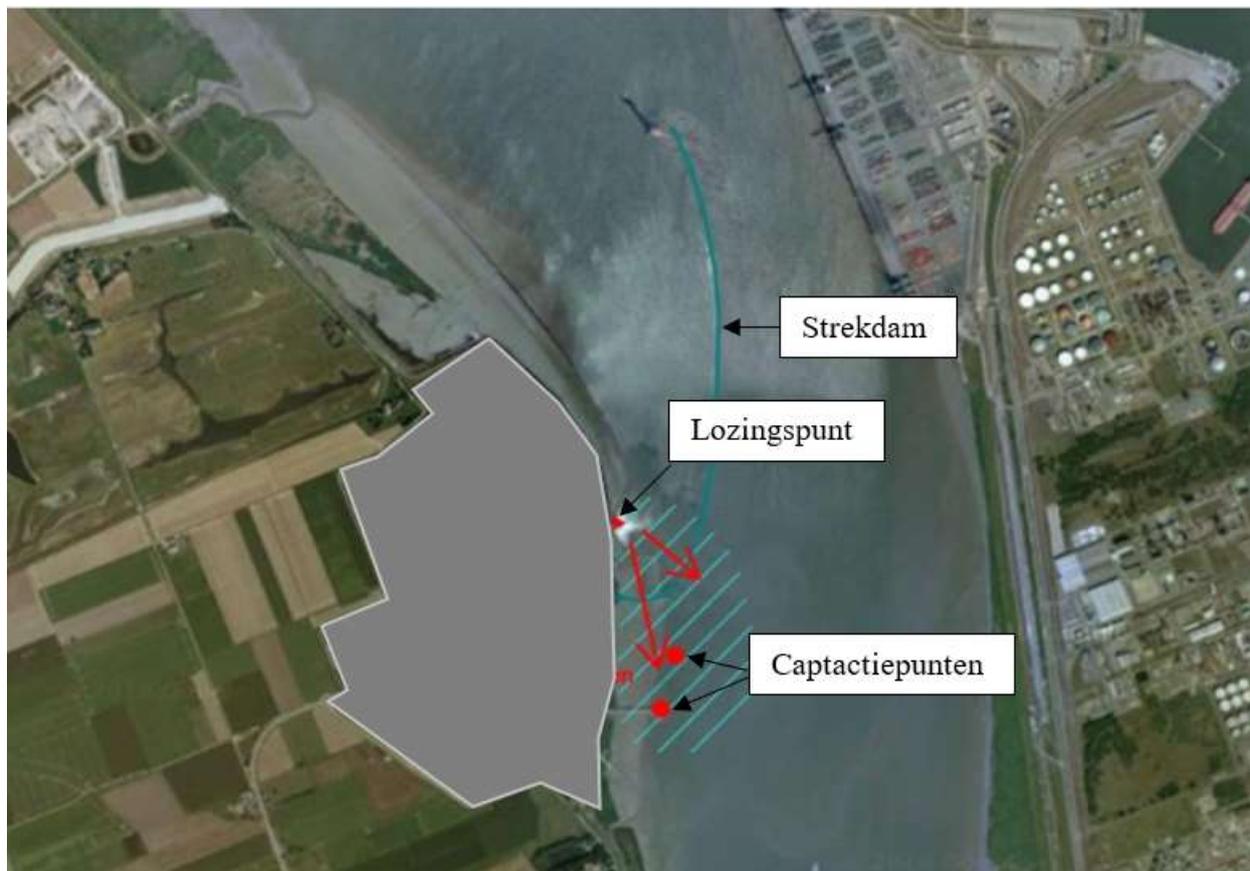
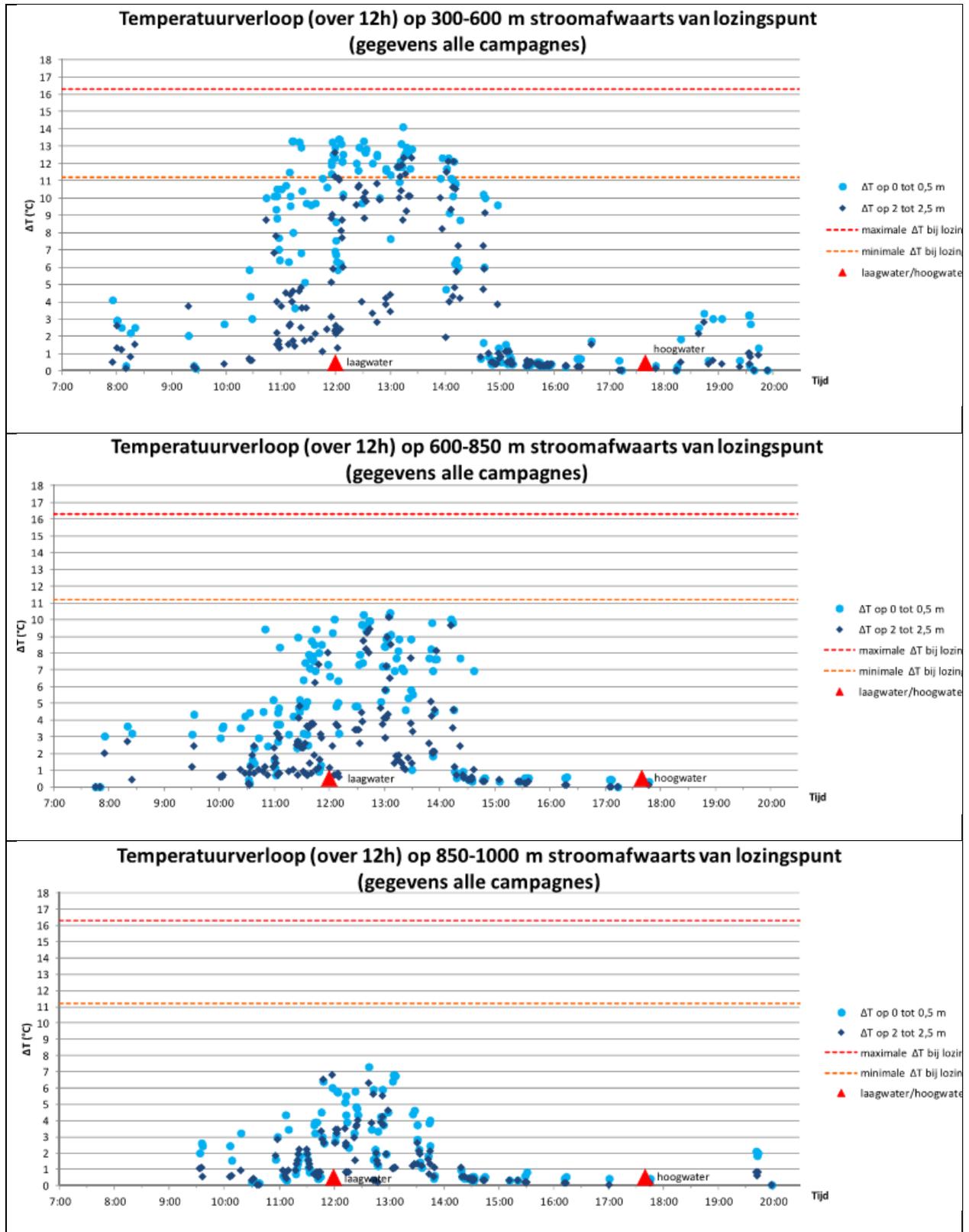
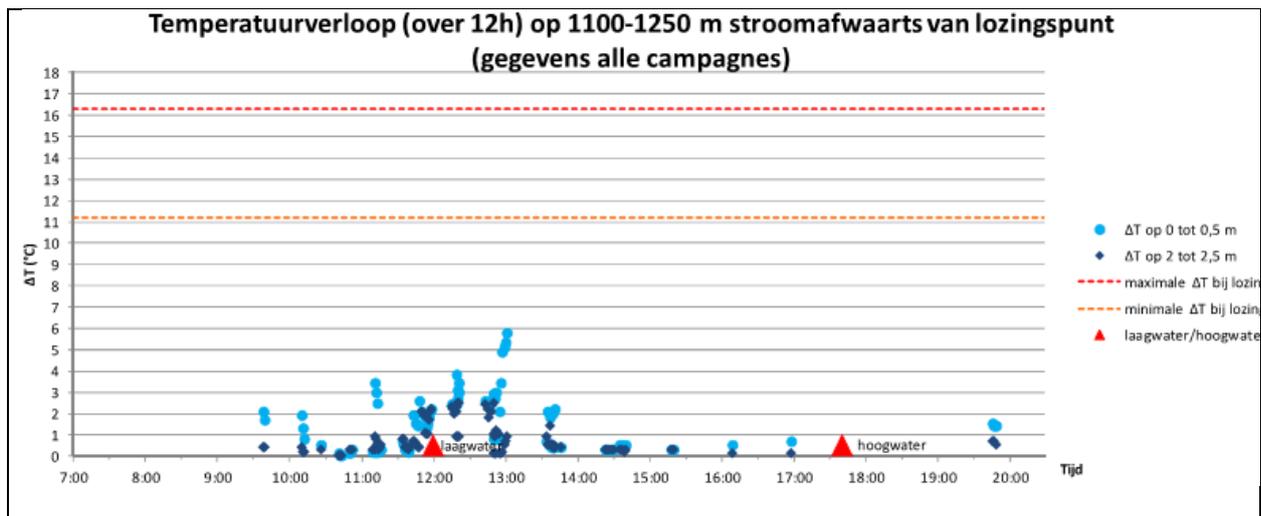


Figure 2-33 Zone maximale présentant une hausse de température perceptible ($> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) à marée montante

- Marée descendante, juste après le renversement à marée haute :
 - après le renversement à marée haute, les eaux de refroidissement s'écoulent à nouveau vers l'aval. Le panache thermique en amont, à l'extérieur de la levée, disparaît complètement. Peu de temps après la marée haute, la température de l'eau dans la zone située à l'intérieur de la levée augmente à nouveau. Le cycle se répète.
- Évolution globale de la température par zone d'impact sur 12 heures :
 - les figures du Tableau 2-13 permettent de déduire une forte hausse de température à partir de 1,5 heure avant la marée basse jusqu'à 3 heures après la marée basse dans la zone comprise entre 300 et 600 m en aval du point de déversement. Dans les zones situées plus en aval du point de déversement, la ΔT diminue progressivement, au même titre que la période pendant laquelle une nette hausse de température est perceptible :
 - à 600 à 850 m en aval, on observe une nette hausse de la température à partir de 1 heure avant la marée basse et jusqu'à 2,5 heures après la marée basse,
 - à 850 à 1 000 m en aval, on observe une nette hausse de la température à partir de 1 heure avant la marée basse et jusqu'à 2 heures après la marée basse,
 - à 1 000 à 1 250 m en aval, on observe une nette hausse de la température à partir de moins de 1 heure avant la marée basse et jusqu'à moins de 2 heures après la marée basse.

Tableau 2-13 Représentation graphique de l'évolution de la température en fonction du temps à différentes distances du point de déversement (données de toutes les campagnes de suivi) (Arcadis, 2012)





Conclusions relatives aux mesures de la température

- Hausse de la température de l'eau lors du renversement à marée basse : le modèle CORMIX se révèle inadéquat pour prévoir la hausse instantanée de la température de l'eau lors du renversement à marée basse. Des formules ont donc été dérivées des valeurs mesurées lors des cinq campagnes de suivi pour les deux profondeurs de suivi (0-0,5 m et 2-2,5 m), décrivant la relation entre la ΔT et la distance par rapport au point de déversement sur 1 heure lors du renversement à marée basse. Ces formules permettent de prévoir la hausse de température pour chaque distance par rapport au point de déversement, et inversement :
 - pendant le renversement, à 500 m en aval, la ΔT s'élève à 10 °C à la surface et à 5,7 °C à 2-2,5 m de profondeur ;
 - à 750 m, la ΔT s'élève à 6,1 °C à la surface et à 3,3 °C à 2-2,5 m de profondeur ;
 - à 1 km, la ΔT s'élève à 3,4 °C à la surface et à 1,6 °C à 2-2,5 m de profondeur ;
 - la ΔT diminue de 1 °C à une distance de 1 300 m en surface et à une distance de 1 100 m à 2-2,5 m de profondeur.
- Hausse moyenne journalière de la température de l'eau : il apparaît que le modèle CORMIX fournit une prévision représentative pour la hausse moyenne journalière de la température de l'eau de l'Escaut à marée descendante. Les hausses moyennes journalières suivantes de la température de l'eau peuvent être déduites sur la base du modèle et des mesures :
 - en aval :
 - à 500 m, la ΔT est comprise entre 1 et 2 °C,
 - à partir de 750 m, la ΔT est d'environ 1 °C ou moins ;
 - en amont :
 - à 500 m, la ΔT est comprise entre 0,5 et 1 °C,
 - à partir de 750 m, la ΔT est d'environ 0,5 °C ou moins.

Évaluation de la hausse de température et de la taille du panache de chaleur résultant du déversement des eaux de refroidissement de la CND par rapport à la situation sans exploitation de la CND

D'importantes hausses de température supérieures à 3 °C dues au déversement des eaux de refroidissement de la CND sont uniquement constatées à l'intérieur de la zone de la levée, jusqu'à une distance maximale d'environ 1 050 m du point de déversement (incidence considérablement négative, -3).

Des hausses de température pertinentes (acceptables) comprises entre 1 et 3 °C sont constatées à marée descendante et lors du renversement à marée basse jusqu'à une distance maximale d'environ 1 300 m du point de déversement, soit la zone qui se trouve encore à l'intérieur de la levée (incidence négative, -2). À marée montante, on constate une hausse de température pertinente comprise entre 1 et 3 °C à l'extérieur de la levée jusqu'à une distance maximale de 500 m du point de déversement à l'est et jusqu'à une distance maximale de 800 m en amont du point de déversement au sud (incidence négative, -2).

La taille du panache de chaleur est la plus importante lors du renversement à marée basse. La zone délimitée par une température supérieure à 25 °C (la « zone de mélange » au sens strict, cf. définition du cadre d'évaluation) est plus petite que la zone où se produisent d'importantes hausses de température supérieures à 3 °C. C'est ce qui ressort des résultats décrits ci-dessus de la 2^e campagne de suivi en été et lors du renversement à marée basse. On peut dès lors supposer que la zone délimitée par une température supérieure à 25 °C (la « zone de mélange » au sens strict, cf. définition du cadre d'évaluation) ne s'étendra pas au-delà de la levée, car les importantes hausses de température supérieures à 3 °C sont toujours délimitées par la levée.

Pour la situation spécifique de la CND, on peut supposer que la zone située à l'intérieur de la levée constituera une barrière thermique pour certains organismes aquatiques. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, les normes de qualité environnementale en matière de température de l'Escaut ne sont pas respectées en raison du déversement d'eaux de refroidissement par la CND. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée reste cependant praticable pour les organismes aquatiques. La superficie moyenne de la section transversale de la zone située à l'intérieur de la levée n'excède pas 25 % de la superficie de la section transversale de l'Escaut. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée est à tout moment jugé praticable pour les organismes aquatiques.

Les évaluations d'incidences ci-dessus valent à la fois pour la situation de départ et pour la phase d'exploitation 2015-2018 du présent projet.

Incidences cumulatives

Autres déversements d'eaux de refroidissement industrielles à proximité de la CND

Dans le rapport des cinq campagnes de suivi de la température de l'Escaut (Arcadis, 2012), la hausse de température provoquée par le déversement des eaux de refroidissement de la CND est représentée par rapport à une valeur de référence mesurée en amont du déversement à marée descendante et en aval du déversement à marée montante. Les valeurs de référence mesurées se situent à l'intérieur de la zone Hansweert-Anvers, qui fait déjà l'objet d'une pression thermique. En raison du déversement de charges thermiques à différents endroits dans l'Escaut maritime inférieur, la zone entre Hansweert et Anvers est de 1 à 2 degrés plus chaude en hiver que les zones situées en amont et en aval (Stevens & Van den Bergh, 2010). La situation de production pour 2010 est représentative des années de départ 2013-2014 et de la phase d'exploitation 2015-2018. On peut ainsi supposer qu'il est possible de rester en dessous de la norme de qualité environnementale en vigueur (cf. annexe 2.3.1 du VLAREM II) en matière de température pour la section de l'Escaut considérée, à savoir que l'impact des déversements thermiques n'excède pas 3 °C.

La présente EIE adopte la mesure de suivi issue de l'avis de l'INBO (Van den Bergh et al., 2013), à savoir qu'Engie prévoit un suivi de routine de l'évolution spatio-temporelle du gradient de température entre Hansweert et Anvers. Compte tenu de la disponibilité relativement large d'images satellites (thermiques) et compte tenu de l'expérience acquise à l'étranger, cette technique pourrait aussi être appliquée à l'Escaut maritime afin de surveiller le gradient de température dans l'environnement plus large de la CND. Les modifications de la charge thermique cumulative sur l'Escaut maritime pourront ainsi être mieux inventoriées et signalées.

Impact du changement climatique

On peut s'attendre à une hausse de la température de l'Escaut en cas de développement autonome au cours des vingt prochaines années. On s'attend également à une baisse des débits dans les rivières en été (baisse de plus de 50 % d'ici la fin du XXI^e siècle) en raison de la diminution des précipitations estivales, combinée à une évaporation accrue. Ce qui entraîne des risques de pénuries d'eau.

Le changement climatique aura un impact négatif sur la capacité de refroidissement de l'eau de l'Escaut. La capacité de l'eau de refroidissement dépend, entre autres, de la température de l'eau extraite. On peut supposer qu'avec la capacité de refroidissement actuelle des tours de refroidissement de la CND, la différence de température entre l'entrée et la sortie des tours de refroidissement restera identique. En raison de la hausse attendue de la température de l'Escaut à la suite du changement climatique, la température des

eaux de refroidissement déversées augmentera de manière proportionnelle. La température maximale de déversement des eaux de refroidissement pourra donc être atteinte plus fréquemment, ce qui pourrait entraîner une limitation plus fréquente des charges thermiques maximales à déverser quotidiennement (cf. conditions incluses dans l'autorisation existante de la CND), l'été étant la période la plus sensible. Ces incidences pourraient avoir un impact considérable sur le fonctionnement général de la CND. Compte tenu de la diminution attendue du débit de l'Escaut à la suite du changement climatique, l'impact de la charge thermique de la CND sur l'Escaut devrait augmenter. La zone où la hausse de température excède 3 °C s'étendra potentiellement au-delà de la levée, principalement lors du renversement à marée basse. Il se peut alors que la barrière thermique formée dans l'Escaut soit difficilement ou ne soit plus du tout praticable pour certains organismes aquatiques à certaines périodes du cycle des marées. L'augmentation de la taille du panache de chaleur sera la plus prononcée en été.

L'importance des incidences négatives du changement climatique sur le fonctionnement de la CND, d'une part, et la pollution thermique dans l'Escaut avec des effets secondaires sur la biodiversité, d'autre part, dépend du degré d'évolution du changement climatique.

À la lumière de l'adaptation climatique, un scénario futur possible est que la CND doive accroître sa capacité de refroidissement pour maintenir la même capacité de production que dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018. Cela implique davantage de pertes par évaporation et une hausse de la charge thermique déversée dans l'Escaut.

2.2.3.1.6 Évaluation des incidences sur l'état des masses d'eau – Évaluation au regard de l'annexe V de la directive-cadre sur l'eau (KRW)

2.2.3.1.7 Estimation de la probabilité d'incidence – Évaluation de la nécessité d'effectuer recherches supplémentaires

Conformément aux directives provisoires pour l'évaluation des incidences sur l'état des masses d'eau (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2019), un certain nombre de critères sont évalués pour déterminer si des recherches supplémentaires sont nécessaires :

- modifications hydromorphologiques : le projet n'implique aucune modification hydromorphologique de la masse d'eau → aucune recherche supplémentaire nécessaire ;
- déversements : le projet concerne un déversement de classe 1 d'eaux usées industrielles → des recherches supplémentaires sont recommandées ;
- modifications des eaux souterraines : le projet n'implique aucune modification des eaux souterraines → aucune recherche supplémentaire nécessaire.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires en ce qui concerne les incidences du déversement.

2.2.3.1.8 Étude des incidences du déversement

Dans le cas des eaux de transition, les éléments physico-chimiques à évaluer sont les suivants :

- oxygène dissous ;
- température ;
- pH ;
- nitrate+nitrite+ammonium.

Les éléments ci-dessous doivent être étudiés (ils doivent être étudiés pour prévoir les incidences sur les éléments biologiques, mais ne sont pas pris en compte pour l'évaluation de l'état) :

- CBO ;
- CCO.

Une évaluation doit, en outre, être réalisée pour les « substances polluantes spécifiques déterminant l'état écologique » et pour les « substances polluantes déterminant l'état chimique » pour les paramètres pour lesquels on constate un dépassement de la norme de qualité environnementale dans la situation actuelle ou dont la concentration pourrait augmenter. Pour finir, les éléments de qualité biologique doivent également être évalués, dans la mesure du possible.

Le Tableau 2-14 montre les valeurs limites sur la base desquelles la qualité de la masse d'eau est évaluée.

Tableau 2-14 : Classification de la catégorie « eaux de transition » (source : Stroomgebiedbeheerplan Beneden-Scheldebekken) – type « O1b » d'application à hauteur de la CND

Parameter	Eenheid	Toetswijze	Typen	Ondergrens of bereik van de klassen			
				Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend
Thermische omstandigheden							
Temperatuur	°C	Maximum	Alle	21	25	27,5	30
Impact thermische lozing	°C	Maximum	Alle	+1	+ 3	+4	+5
Zuurstofhuishouding							
Opgeloste zuurstof (concentratie)	mg/l	10-percentiel	Alle	8	6	4	3
Opgeloste zuurstof (verzadiging)	%	Maximum	Alle	80-110	60-80 / 110-120	50-60 / 120-130	40-50 / 130-140
Biochemisch zuurstofverbruik (BZV)	mg/ l	90-percentiel	Alle	3	6	10	25
Chemisch zuurstofverbruik (CZV)	mg/ l	90-percentiel	Alle	20	30	40	80
Verzuringstoestand							
Parameter	Eenheid	Toetswijze	Typen	Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend
pH		Minimum-maximum	O1b O2zout	7,5-9,0	7,5-9,0	<7,5-7,0 of >9,0-9,5	<7,0 of >9,5
		Minimum-maximum	O1o	7,0-9,0	7,0-9,0	<7,0-6,5 of >9,0-9,5	<6,5 of >9,5
Nutriënten							
Kjeldahl-stikstof	mg N/l	90-percentiel	O1o	1,5	6	12	18
Nitraat	mg N/l	90-percentiel	O1o	1,3	5,65	11,3	17
Nitraat + nitriet + ammonium	mg N/ l	Wintergemiddelde	O1b O2zout	0,25	0,49	1,0	2,0
Totaal stikstof	mg N/ l	Zomerhalfjaargemiddelde	O1o	2	2,5	5	7,5
Totaal fosfor	mg P/ l	Zomerhalfjaargemiddelde	O1o	0,06	0,14	0,19	0,42
Orthofosfaat	mg P/ l	Gemiddelde	O1o	0,02	0,14	0,28	0,56
			O1b O2zout	0,01	0,07	0,14	0,28
Diversen							
Doorzicht*	m	90-percentiel	Alle	1,5	0,7	0,3	0,1

*uitgezonderd de mortaliteitszone voor fytoplankton voor O1b

Éléments physico-chimiques déterminant les éléments biologiques

Méthodologie : pour les éléments de qualité physico-chimique dans les eaux superficielles, à l'exception de l'oxygène dissous, du pH et de la température de l'eau, il est possible de calculer si une détérioration se produira.

En ce qui concerne l'oxygène dissous, on suppose qu'aucune détérioration ne se produira si les normes relatives à la consommation biologique et chimique d'oxygène sont respectées. Si les éléments physico-chimiques se détériorent, on suppose que cela aura également une incidence sur les éléments de qualité biologique et que l'état de la masse d'eau se détériorera.

Les déversements se font généralement à un pH neutre. Aucune modification du pH n'est attendue du fait du présent projet.

L'impact du déversement sur la température de l'Escaut est examiné en détail au paragraphe 2.2.3.1.5. En conclusion, il n'y aura pas de détérioration de la température en ce qui concerne l'ensemble de la masse d'eau à la suite du déversement thermique de la CND.

Pour ce qui est des paramètres nitrite+nitrate+ammonium, CBO et CCO, l'impact du déversement a été calculé au Tableau 2-11. L'impact est négligeable pour ces paramètres. Par conséquent, aucune modification de l'état de la masse d'eau n'est attendue.

Substances polluantes spécifiques déterminant l'état écologique

Méthodologie : pour les substances polluantes spécifiques et l'état chimique, un dépassement des normes de qualité environnementale définies à l'annexe 2.3.1 du VLAREM et des limites de classe décrites dans le plan de gestion de district hydrographique est considéré comme une détérioration. Tout comme pour les éléments physico-chimiques, on suppose qu'une détérioration des substances polluantes spécifiques aura également une incidence sur les éléments de qualité biologique et que l'état de la masse d'eau se détériorera.

Dans la situation actuelle, les paramètres suivants dépassent la norme de qualité environnementale de base : arsenic, bore, uranium. L'évaluation des « substances polluantes spécifiques déterminant l'état écologique » est « mauvaise ».

Pour les paramètres arsenic et bore, l'impact du déversement a été calculé au Tableau 2-11. L'uranium n'est pas un paramètre pertinent, car il n'est pas rejeté par la CND. L'impact calculé pour les paramètres arsenic et bore est négligeable. Par conséquent, aucune détérioration n'est attendue pour l'« évaluation des substances polluantes spécifiques déterminant l'état écologique ».

Substances polluantes déterminant l'état chimique

Dans la situation actuelle, les paramètres suivants dépassent la norme de qualité environnementale de base : HAP, polybromodiphényléther, tributylétain, acide perfluorooctanesulfonique, heptachlore-époxyde et mercure total.

Pour le paramètre mercure, l'impact du déversement a été calculé au Tableau 2-11. L'impact est négligeable. Les autres paramètres ne sont pas déversés par la CND. Par conséquent, aucune détérioration n'est attendue pour les « substances polluantes déterminant l'état chimique ».

Éléments de qualité biologique

L'impact sur les éléments de qualité biologique ne peut être déterminé de manière quantitative. Sur la base des évaluations de l'impact du captage d'eau, du déversement d'eaux de refroidissement et du déversement de substances chimiques sur les organismes aquatiques de l'Escaut réalisées dans le cadre de la discipline Biodiversité, aucune détérioration des éléments de qualité biologique n'est attendue dans l'ensemble de la masse d'eau.

Conclusion

La mise en œuvre du projet ne devrait pas entraîner de détérioration ou ne devrait pas compromettre les objectifs prédéfinis pour l'ensemble de la masse d'eau.

2.2.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Comme expliqué ci-dessus, l'approvisionnement en eau, les caractéristiques d'infiltration et d'écoulement et les émissions dans le système d'eau dans la situation LTO ne différeront pas significativement des émissions dans la situation de départ. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

2.2.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

La mise à l'arrêt définitif ou MAD de la CND commencera en 2025 et se terminera en 2028. À l'issue de la période MAD, et une fois que les autorisations nécessaires auront été obtenues, le démantèlement des réacteurs pourra commencer. La période MAD comprend trois phases, au cours desquelles la CND évoluera progressivement d'une centrale nucléaire à un espace de stockage humide de combustible irradié, puis à un bâtiment comportant des déchets radioactifs à traiter. Au cours de la période MAD, il est prévu de :

- décharger les réacteurs et transférer tout le combustible irradié vers les docks Pool Loops du bâtiment des services de secours nucléaires ;
- laisser retomber le taux de radioactivité du combustible irradié dans les docks Pool Loops du bâtiment des services de secours nucléaires ;
- charger le combustible irradié dans des conteneurs et l'évacuer vers le bâtiment de conteneurs à combustible ;
- effectuer des activités d'exploitation et de maintenance comme avant la mise à l'arrêt définitif, mais à moindre intensité (plus de production d'électricité).

Autant d'activités qui sont couvertes par l'autorisation actuelle. Dans le contexte spécifique de la production d'eaux usées, les circuits de traitement seront vidés en vue d'un traitement dans l'unité de traitement des eaux et des déchets (WAB) ou en vue d'un traitement externe, comme ce serait le cas pour une révision.

Conclusion : les principales caractéristiques de la période MAD sont que cette période se situe dans le prolongement de l'exploitation actuelle de la CND (= les processus actuels de la CND se poursuivent) et que les processus se dérouleront conformément à l'autorisation actuelle. Les émissions dans le système d'eau seront comparables ou inférieures à celles de la situation de départ.

Aucune différence d'incidence n'est attendue entre une MAD en 2015-2019 ou en 2025-2029.

2.2.3.4 Option zéro

Approvisionnement en eau

Dans la situation alternative no-LTO, une baisse de la consommation d'eau de ville et d'eau de l'Escaut est attendue.

On ne s'attend toutefois pas à une baisse drastique de la consommation d'eau de ville. L'initiateur n'a en effet pas constaté de diminution nette lorsqu'une unité est hors service. Seule la consommation d'eau de ville dans le cadre du cycle de vapeur devrait légèrement diminuer.

Les unités Doel 1 et 2 ne fonctionneront plus, ce qui entraînera également l'arrêt du circuit de refroidissement de ces unités. La consommation d'eau de l'Escaut en guise d'eau de refroidissement baissera donc également et devrait s'élever à environ 704 millions de m³ par an. Ce calcul a été effectué par l'initiateur sur la base du nombre prévu d'heures d'exploitation et du débit horaire moyen des pompes au point d'extraction de Doel 3/4. La consommation d'eau de l'Escaut dans la situation alternative no-LTO s'élève à environ 60 % de la consommation d'eau de l'Escaut dans la situation de départ.

Évolution des caractéristiques d'infiltration et d'écoulement

Dans la situation alternative no-LTO, aucune intervention physique n'est prévue par rapport à la situation de départ. Dans la situation du projet de base, on observe une hausse limitée des asphaltages. Les groupes d'incidences résultant de modifications de l'écoulement des eaux superficielles, du changement structurel des cours d'eau, de modifications de l'infiltration des eaux pluviales, de pertes de qualité des eaux superficielles ou des eaux souterraines ou de modifications de l'écoulement des eaux souterraines ne sont pas pertinents, ni dans l'option zéro ni dans le cadre du projet de base.

Compte tenu du nombre considérable de surfaces asphaltées de la CND, de la fréquence et du volume du débordement des puits de collecte des eaux usées sanitaires du site dans l'Escaut dans la situation de départ, du fait que les normes de qualité environnementale en matière de N, P et CCO pour l'Escaut ne sont pas respectées dans la situation de départ et des épisodes attendus de pluies intenses en hiver et d'orages violents et de pénuries d'eau en été en raison du changement climatique, la discipline Eau recommande d'étudier la faisabilité des mesures suivantes au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD) :

- mesure à la source : pour les nouveaux projets, envisager la séparation des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires, ainsi que les possibilités de réutilisation des eaux de pluie, de l'infiltration ou des systèmes tampons selon les MTD. Il convient, dans ce contexte, de tenir compte des précipitations projetées différenciées selon le climat. Le scénario à fort impact fournit un bon cadre de référence pour accroître la résistance de la CND au climat ;
- mesure en bout de chaîne : envisager l'installation d'un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires selon les MTD en vue de réduire l'effet de débordement.

Qualité des eaux superficielles

Les concentrations de substances polluantes dans les eaux usées sanitaires et industrielles déversées devraient être similaires à celles de la situation de départ. On ne s'attend toutefois pas à une baisse drastique pour la production d'eaux usées sanitaires et industrielles. L'initiateur n'a en effet pas constaté de diminution nette lorsqu'une unité est hors service. Seule la consommation d'eau de ville dans le cadre du cycle de vapeur devrait légèrement diminuer. Cette diminution est impossible à quantifier.

Les concentrations de substances polluantes dans les eaux de refroidissement, en ce compris la température et les chlorures, devraient être similaires à celles de la situation de départ. Les unités Doel 1 et 2 ne fonctionneront plus, ce qui entraînera également l'arrêt du circuit de refroidissement de ces unités. La consommation d'eau de l'Escaut en guise d'eau de refroidissement baissera donc également et devrait s'élever à environ 704 millions de m³. Ce calcul a été effectué par l'initiateur sur la base du nombre prévu d'heures d'exploitation et du débit horaire moyen des pompes au point d'extraction de Doel 3/4. La consommation d'eau de l'Escaut dans la situation alternative no-LTO s'élève à environ 60 % de la consommation d'eau de l'Escaut dans la situation de départ. Les charges polluantes et thermiques des eaux de refroidissement déversées devraient donc également diminuer pour atteindre environ 60 % de celles de la situation de départ.

Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, il est recommandé d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

Impact thermique du déversement des eaux de refroidissement

La charge thermique des eaux de refroidissement sur l'Escaut devrait diminuer pour atteindre environ 60 % de la charge thermique de la situation de départ. La taille du panache de chaleur dans l'Escaut devrait donc elle aussi diminuer. Ceci peut avoir un impact positif, a fortiori à la lumière du changement climatique, comme décrit dans l'évaluation de l'impact thermique du déversement des eaux de refroidissement lors de la phase d'exploitation 2015-2018 du projet de base.

L'importance de cette incidence positive dépend du degré de rétrécissement du panache de chaleur par rapport à la situation de départ (ce qui est difficile à estimer avec les données actuelles) et de l'évolution des incidences climatiques attendues.

2.2.3.5 Incidences cumulatives

Le paragraphe 2.2.3.1.5 aborde de manière qualitative l'éventuel cumul de l'impact thermique des déversements industriels d'eaux de refroidissement sur l'Escaut. La mesure de suivi issue de l'avis de l'INBO (Van den Bergh et al., 2013) est adoptée, à savoir qu'Engie prévoit un suivi de routine de l'évolution spatio-temporelle du gradient de température entre Hansweert et Anvers. Compte tenu de la disponibilité relativement large d'images satellites (thermiques) et compte tenu de l'expérience acquise à l'étranger, cette technique pourrait aussi être appliquée à l'Escaut maritime afin de surveiller le gradient de température dans l'environnement plus large de la CND. Les modifications de la charge thermique cumulative sur l'Escaut maritime pourront ainsi être mieux inventoriées et signalées.

Le paragraphe 2.2.3.1.5 aborde de manière qualitative l'incidence cumulative du changement climatique sur l'impact thermique du déversement d'eaux de refroidissement par la CND.

2.2.3.6 Incidences transfrontalières

À hauteur de la frontière néerlandaise, située à environ 3,4 km du point de déversement de la CND, l'impact du déversement des eaux de refroidissement peut tout au plus être considéré comme une

incidence négativement limitée (-1). Et ce sur la base des cinq campagnes de suivi menées sur l'impact thermique des eaux de refroidissement de Doel sur l'Escaut (Arcadis, 2012). Cette hausse de température diminuera ensuite lentement en aval sur le territoire néerlandais.

2.2.4 Suivi

La présente EIE adopte la mesure de suivi issue de l'avis de l'INBO (Van den Bergh et al., 2013), à savoir qu'Engie prévoit un suivi de routine de l'évolution spatio-temporelle du gradient de température entre Hansweert et Anvers. Compte tenu de la disponibilité relativement large d'images satellites (thermiques) et compte tenu de l'expérience acquise à l'étranger, cette technique pourrait aussi être appliquée à l'Escaut maritime afin de surveiller le gradient de température dans l'environnement plus large de la CND. Les modifications de la charge thermique cumulative sur l'Escaut maritime pourront ainsi être mieux inventoriées et signalées.

Les mesures effectuées dans les eaux usées sanitaires sont incohérentes ou le seuil de détection des mesures est supérieur à la norme de déversement pour les paramètres ammonium, B, Sb, Co, Mo, Se, Sn, Ag, Ba, Tl, Ti, V, Be, Te, substances anioniques, non ioniques et cationiques tensioactives. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations et au respect des normes de déversement pour ces paramètres. La CND doit mesurer ces paramètres de manière cohérente dans les eaux usées sanitaires. Dans ce contexte, les seuils de détection des méthodes d'analyse doivent être inférieurs aux normes de déversement applicables.

Les mesures effectuées dans les eaux usées industrielles sont incohérentes pour les années 2013 et/ou 2014 ou le seuil de détection des mesures est supérieur à la norme de déversement pour les paramètres Co, Ag, Tl, V, Be, substances anioniques, non ioniques et cationiques tensioactives et fluorure de sodium. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations et au respect des normes de déversement pour ces paramètres. La CND doit mesurer ces paramètres de manière cohérente dans les eaux usées industrielles. Dans ce contexte, les seuils de détection des méthodes d'analyse doivent être inférieurs aux normes de déversement applicables.

Les mesures effectuées dans les eaux de refroidissement sont incohérentes pour les années 2013 et/ou 2014 pour le paramètre coliformes fécaux. Il est donc impossible de formuler des déclarations fondées quant aux concentrations dans les effluents et aux charges polluantes et au respect des normes de déversement pour ce paramètre. La CND doit mesurer ce paramètre de manière cohérente dans les eaux de refroidissement. Dans ce contexte, les seuils de détection des méthodes d'analyse doivent être inférieurs aux normes de déversement applicables.

Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, il est recommandé d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

2.2.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Aucune mesure d'atténuation n'est imposée du point de vue de la discipline Eau.

Les recommandations ci-dessous ont été formulées du point de vue de la discipline Eau.

- Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, il est recommandé d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.
- Compte tenu du nombre considérable de surfaces asphaltées de la CND, de la fréquence et du volume du débordement des puits de collecte des eaux usées sanitaires du site dans l'Escaut dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018, du fait que les normes de qualité environnementale en matière de N, P et CCO pour l'Escaut ne sont pas respectées dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018 et des épisodes attendus de pluies intenses en hiver et d'orages violents et de pénuries d'eau en été en raison du changement climatique, la discipline Eau recommande d'étudier la faisabilité des mesures suivantes au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD) :
 - mesure à la source : pour les nouveaux projets, envisager la séparation des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires, ainsi que les possibilités de réutilisation des eaux de pluie, de l'infiltration ou des systèmes tampons selon les MTD. Il convient, dans ce contexte, de tenir compte des précipitations projetées différenciées selon le climat. Le scénario à fort impact fournit un bon cadre de référence pour accroître la résistance de CND-1 et CND-2 au climat ;
 - mesure en bout de chaîne : envisager l'installation d'un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires selon les MTD en vue de réduire l'effet de débordement.

2.2.6 Lacunes de connaissances

En tenant compte de l'opinion des experts climatiques et de l'incertitude encore considérable autour de la modélisation climatique, trois scénarios climatiques (faible, moyen, fort) pour la Flandre ont été dérivés de dizaines de variantes de scénarios et de résultats de modèles par le biais d'une « mise à l'échelle statistique ». Le changement climatique induit par l'homme en Flandre évoluera très probablement entre les extrêmes de ces trois scénarios.

Les scénarios climatiques couvrent une portée qui inclut très probablement la réalité future. Il subsiste toutefois une grande incertitude. La probabilité exacte de l'occurrence d'un certain scénario climatique est en effet inconnue. De plus, certains processus et mécanismes connus ne peuvent pas encore être pris explicitement en compte (p. ex. dépassement des points de rupture). Il existe, en outre, des incertitudes dont l'existence même n'est pas encore connue.

Les conséquences des scénarios climatiques peuvent cependant être calculées. Si les conséquences d'un scénario donné sont significatives, il convient d'en tenir compte dans la conduite de la politique et la gestion. Il faut alors prévoir la possibilité d'apporter des ajustements (à moindre coût) à mesure que les connaissances sur le climat s'enrichissent. Les décisions doivent également être efficaces et rentables, quelle que soit l'évolution précise du climat.

2.2.7 Conclusions

L'approvisionnement en eau, les caractéristiques d'infiltration et d'écoulement et les émissions dans le système d'eau dans la situation LTO ne différeront pas significativement des émissions dans la situation de départ. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

Le projet comprend un renouvellement d'autorisation des installations existantes de CND-1 et CND-2. Le bilan hydrologique pour les années de départ 2013-2014 est jugé représentatif de la production pour les années suivantes de la période de renouvellement d'autorisation. Aucun changement pertinent n'est ainsi attendu en ce qui concerne la consommation d'eau et le bilan hydrologique par rapport à la situation de départ.

Le principal impact de la CND sur le système d'eau par rapport à la situation sans exploitation de la CND est le déversement d'eaux usées et d'eaux de refroidissement dans l'Escaut.

- Déversement d'eaux usées
 - L'augmentation moyenne de la concentration dans l'Escaut en raison des activités de la CND par rapport à la norme de qualité environnementale (NQE) est inférieure à 0,1 % (négligeable, 0). Les paramètres nitrite et AOX ont été examinés séparément :
 - en 2013, la concentration moyenne de nitrite était supérieure à la norme de déversement en vigueur à l'époque de 2 mg/l dans les eaux usées industrielles. En 2014, la concentration moyenne était inférieure à la norme de déversement, mais des pics de concentrations supérieurs à la norme de déversement ont tout de même été observés. La CND a mené une étude sur la présence et le traitement du nitrite dans les eaux usées industrielles. Dans le décret du 07/02/2019 (2018122825), la norme relative aux nitrites a été remplacée par une valeur de 8 mg N-NO₂/l jusqu'au 31 décembre 2021 inclus et de 2 mg N-NO₂/l à partir du 1^{er} janvier 2022. La mise en œuvre de plusieurs mesures à la source par la CND au cours de la période 2016-2018 a permis de respecter la norme de 8 mg N-NO₂/l. La norme future de 2 mg N-NO₂/l est sporadiquement dépassée, mais la concentration est en moyenne inférieure à la norme.
 - Des concentrations accrues d'AOX ont été mesurées dans les eaux usées sanitaires et industrielles et dans les eaux de refroidissement, ce qui explique que ce paramètre est décrit séparément. Du NaOCl est ajouté à l'eau de refroidissement en guise d'agent de conditionnement, afin de prévenir l'encrassement biologique dans le système de refroidissement. Cela peut entraîner la formation d'AOX. En 2014, la CND a mené une étude sur l'incidence du NaOCl en cas d'éventuelle oxydation du nitrite en nitrate. La

formation d'AOX a également été étudiée dans ce contexte. La transformation de nitrite en nitrate est possible en présence d'un excès important de NaOCl. Le dosage s'avère avoir une influence notable sur la formation d'AOX. Un régime de conditionnement optimal peut permettre de réduire la quantité de NaOCl utilisée et la période pendant laquelle le conditionnement doit être appliqué, ce qui conduit finalement à une réduction des émissions annuelles d'organohalogènes dans les eaux superficielles via les systèmes de refroidissement. Le paramètre de contrôle de loin le plus important s'avère être le chlore actif. Une régulation adéquate de cette consommation peut permettre de minimiser l'impact environnemental (Berbee, 1997). À la CND, le dosage de NaOCl est actuellement effectué sur la base de l'analyse de l'excès de chlore actif et de l'expérience acquise avec les joints des tours de refroidissement. Un éventuel dosage supplémentaire est effectué sur la base du contrôle de la croissance biologique sur des plaques témoins dans les tours de refroidissement et de mesures du poids du joint. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 100 µg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, il est recommandé d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

- On a constaté un débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires de la CND dans l'Escaut. Le débordement fréquent des eaux usées sanitaires est dû aux fuites d'eaux de refroidissement provenant des galeries souterraines et, dans une moindre mesure, d'eaux souterraines, dans le réseau d'égouts mixte. Ces effets de débordement peuvent entraîner des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND. Ceci est considéré comme une incidence négative (-2). Les eaux pluviales ne sont pas réutilisées. Le règlement d'urbanisme relatif aux puits d'eau de pluie, aux installations d'infiltration, aux installations tampons et au déversement distinct des eaux usées et des eaux pluviales ne s'applique pas aux bâtiments et constructions existants. La discipline Eau recommande d'évaluer la faisabilité de séparer les eaux pluviales des eaux usées sanitaires (mesure à la source) pour les nouveaux projets et la possibilité d'installer un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires (mesure en bout de chaîne), et ce au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD).
- Déversement d'eaux de refroidissement
 - D'importantes hausses de température supérieures à 3 °C dues au déversement des eaux de refroidissement de la CND sont uniquement constatées à l'intérieur de la zone de la levée, jusqu'à une distance maximale d'environ 1 050 m du point de déversement (incidence considérablement négative, -3).
 - Des hausses de température pertinentes (acceptables) comprises entre 1 et 3 °C sont constatées à marée descendante et lors du renversement à marée basse jusqu'à une distance maximale d'environ 1 300 m du point de déversement, soit la zone qui se trouve encore à l'intérieur de la levée (incidence négative, -2).

- À marée montante, on constate une hausse de température pertinente comprise entre 1 et 3 °C à l'extérieur de la levée jusqu'à une distance maximale de 500 m du point de déversement à l'est et jusqu'à une distance maximale de 800 m en amont du point de déversement au sud (incidence négative, -2).
- Pour la situation spécifique de la CND, on peut supposer que la zone située à l'intérieur de la levée constituera une barrière thermique pour certains organismes aquatiques. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, les normes de qualité environnementale en matière de température de l'Escaut ne sont pas respectées en raison du déversement d'eaux de refroidissement par la CND. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée reste cependant praticable pour les organismes aquatiques. La superficie moyenne de la section transversale de la zone située à l'intérieur de la levée n'excède pas 25 % de la superficie de la section transversale de l'Escaut. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée est à tout moment jugé praticable pour les organismes aquatiques.

L'approvisionnement en eau, les caractéristiques d'infiltration et d'écoulement et les émissions dans le système d'eau dans la situation LTO ne différeront pas significativement des émissions dans la situation de départ. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

2.3 Nuisances sonores et vibrations

Annexe A – Carte 3 : Plan régional

Annexe A – Carte 4 : Plan régional d'aménagement du territoire (GRUP)

2.3.1 Méthodologie

2.3.1.1 Délimitation du domaine d'étude

La production d'électricité est une installation classée selon la législation environnementale flamande (VLAREM II).

Le domaine d'étude des installations classées selon le VLAREM II est déterminé selon les dispositions du VLAREM II et, par conséquent, délimité par :

- la limite de 200 m par rapport aux limites de la parcelle de l'installation ;
- la limite de 200 m par rapport à la limite de la zone industrielle

La CND se situe dans une zone industrielle selon le plan régional. En l'absence d'habitations dans une zone tampon de 200 m autour du site industriel et à 200 m des limites de la zone industrielle, l'évaluation doit être considérée sur le contour à 200 m.

Les nuisances sonores spécifiques dans l'environnement sont ainsi déterminées jusqu'à une distance de minimum 200 m des limites de la parcelle du site de la CND, et assorties de la détermination de l'incidence sonore à hauteur des habitations les plus proches. Les points de référence sont donc conformes à ceux utilisés dans de précédentes EIE pour le site de la CND.

2.3.1.2 Description de la situation de référence

Le développement prévu dans la zone du projet est toujours intégré dans un environnement sonore existant. Selon les fonctions attribuées au développement prévu, celles-ci peuvent être de nature à avoir une incidence temporaire ou permanente sur l'environnement sonore existant et, dès lors, sur la qualité de vie actuelle. Afin de pouvoir réaliser une évaluation par rapport à la situation de référence à proximité de la zone du projet, il convient avant tout de décrire la situation de référence.

Lors de l'analyse de la situation de référence, une description est faite des éléments suivants :

- climat sonore dans le domaine d'étude sur la base de mesures d'immission : inventaire du bruit ambiant au moyen de mesures sonores déjà réalisées in situ à des points de mesure discrets autour du site de la CND (campagnes de mesures d'immission 2009, 2014 et 2017) ;
- transmission acoustique de la CND dans le domaine d'étude sur la base d'un modèle de calcul acoustique : le calcul de la transmission acoustique réalisé dans le cadre de l'EIE en vue du renouvellement d'autorisation du site en 2010 et à l'époque de l'EIE WMF, actualisée en 2013-2014, est utilisé comme base pour la présente EIE.

2.3.1.3 Description et évaluation des incidences

La CND comporte des sources sonores qui émettent à l'air libre et qui sont susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement. Il convient de distinguer les sources continues et les sources qui ne sont en fonctionnement que pendant une période limitée, comme les groupes de secours et les pompes de secours. Les aménagements réalisés dans le cadre de la LTO peuvent impliquer des changements dans la situation des émissions sonores de la CND, à la fois en termes d'émissions sonores totales et en termes d'émissions sonores spécifiques à la source.

Lors des travaux réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO, des travaux qui provoquent des émissions sonores et/ou des vibrations seront effectués dans différentes zones de chantier et à différents moments de la période de réalisation. L'activation de sources sonores entraînera une modification du bruit ambiant. On part du principe que la perturbation environnementale, provoquée par les travaux prévus, sera limitée autant que possible, en tenant compte du principe MTD.

Lors des différentes phases du projet, les incidences suivantes peuvent être attendues pour la discipline Nuisances sonores et vibrations :

- modification de l'immission sonore de la CND : description quantitative de la contribution sonore spécifique sur l'environnement dans la situation actuelle et prévue et comparaison avec le statut de la situation de départ (2009, 2014) ;
- modification du bruit ambiant : description quantitative de l'incidence de l'immission sonore modifiée de la CND sur le bruit ambiant ;
- test de conformité avec les conditions sonores applicables du VLAREM II : contrôle quantitatif lié au respect des valeurs guides pour les nuisances sonores spécifiques en plein air.

L'EIE s'attarde sur la modification des émissions sonores résultant de l'exploitation de la CND pour 2 scénarios potentiels et 4 périodes :

1. situation de départ (période 2009-2014) ;
2. scénario « LTO » : poursuite des unités Doel 1/2 durant la période 2015-2025 :
 - a. phase d'exploitation au cours de la période 2015-2019 ;
 - b. phase d'exploitation dans la situation future 2020-2025 ;
 - c. mise à l'arrêt définitif, période 2025-2029 ;
3. scénario « no-LTO » : option zéro : mise à l'arrêt définitif des unités Doel 1/2 (2015-2019), les autres unités restent en exploitation (période 2015-2025).

L'incidence sonore par rapport à l'environnement est calculée pour les phases d'exploitation ayant une situation d'émissions sonores distinctive pour la CND.

La description quantitative des incidences sonores est déterminée à l'aide d'un modèle de calcul acoustique pour le site de la CND. Pour ce faire, le modèle de calcul est établi à l'aide du programme de calcul (GEOMILIEU) qui s'appuie sur la norme internationale ISO 9613 et qui tient compte des conditions environnementales suivantes :

- simulation géométrique des objets ayant une influence (par ex. : bâtiments, écrans, bordures de terre, etc. insonorisants ou réfléchissants) en coordonnées x, y, z ;

- simulation géométrique de la source sonore en coordonnées x, y, z ;
- niveau de puissance de la source et directivité de la source sonore ;
- situation et hauteur des points de calcul ;
- lignes au niveau du sol, zones de sol réfléchissantes ou absorbantes.

Le modèle de calcul est utilisé pour calculer la contribution sonore de chaque source sonore modélisée à n'importe quel point de calcul dans l'environnement.

L'extension sonore calculée sur l'environnement de l'ensemble du champ-source de la CND dans des conditions d'exploitation spécifiques est présentée au moyen de contours de bruit colorés (carte sonore). La zone critique, c'est-à-dire la zone dans laquelle le niveau de pression sonore dépasse une certaine valeur de nuisance (c'est-à-dire la valeur guide applicable du VLAREM II), peut être clairement identifiée.

L'évaluation des incidences est réalisée selon le cadre de pertinence repris dans le manuel d'orientation de l'EIE pour la discipline Nuisances sonores et vibrations (février 2011). Ce cadre avait également été appliqué dans de précédentes EIE.

Tableau 2-15 : Cadre de pertinence de la discipline Nuisances sonores

Incidence sur l'environnement		Score final après correction Les conditions VLAREM sont-elles remplies ?				
L'après – L'avant $\Delta L_{A,X,T}$	Score intermédiaire (score d'incidence)	« Nouveau » ou « Changement »		« Existant » ou « Renouvellement d'autorisation »		
		Lsp ≤ VL	Lsp > VL	Lsp ≤ VG	VG < Lsp ≤ VG+10	Lsp > VG+10
$L_{A,X,T} > +6$	-3	-1	-3	-1	-2	-3
$+3 < \Delta L_{A,X,T} \leq +6$	-2	-1	-3	-1	-2	-3
$+1 < \Delta L_{A,X,T} \leq +3$	-1	-1	-3	-1	-1	-3
$-1 \leq \Delta L_{A,X,T} \leq +1$	0	0	-1 / -2 **	0	-1	-3
$-3 \leq \Delta L_{A,X,T} < -1$	+1	+1	-	+1	+1	-
$-6 \leq \Delta L_{A,X,T} < -3$	+2	+2	-	+2	+2	-
$L_{A,X,T} < -6$	+3	+3	-	+3	+3	-

Les symboles et abréviations utilisés ont la signification suivante :

- $\Delta L_{A,X,T}$ = différence dans le bruit ambiant avant et après la réalisation d'un projet où X et T doivent être déterminés et justifiés par l'expert
 - où T équivaut à la durée ;
 - où X équivaut à « N » en tant que paramètre de l'analyse statistique LAN,T, dans VLAREM II devient N = 95 utilisé comme test par rapport à la norme de qualité environnementale ou égal à « eq » pour l'équivalent du niveau de pression sonore LAeq,T du bruit ambiant.
- LAN,T A-niveau de pression sonore pondéré exprimé en pourcentage, qui est dépassé pendant N% (1, 5, ..., 95, 99) de l'intervalle de temps
- VL = valeur limite
- VG = valeur guide
- Lsp = nuisances sonores spécifiques

** Remarque : le choix -1 ou -2 dépend de la mesure du dépassement de la VL, qu'il se situe ou non dans l'intervalle de confiance de l'immission spécifique calculée.

Les scores finaux négatifs sont liés à des mesures d'atténuation comme suit :

Tableau 2-16 : Association de l'évaluation aux mesures d'atténuation

Pertinence	Description	Mesures d'atténuation
+3	Considérablement positive	Aucune mesure requise
+2	Positive	
+1	Positivement limitée	
0	Négligeable	Aucune mesure requise
-1	Négativement limitée	La recherche de mesures d'atténuation est <u>moins contraignante</u> , mais si les conditions-cadres qui dirigent l'examen indiquent qu'un problème peut survenir, l'expert doit procéder à la formulation de mesures d'atténuation. En l'absence de telles mesures, une justification doit être fournie.
-2	Négative	Il est <u>nécessaire</u> de chercher des mesures d'atténuation, à prendre éventuellement sur le <u>long terme</u> . En l'absence de telles mesures, une justification doit être fournie.
-3	Considérablement négative	Il est <u>nécessaire</u> de chercher des mesures d'atténuation, à prendre sur le <u>court terme</u> . En l'absence de telles mesures, une justification doit être fournie.

2.3.2 Situation de départ (= 2013-2014)

2.3.2.1 Mesures d'immission (2009-2014)

Afin de déterminer le bruit ambiant, des mesures continues et simultanées ont été effectuées dans le cadre de l'EIE 2010 à 3 points de mesure, situés à la limite de la parcelle (ptm1) ou à environ 200 m de la limite de la parcelle (ptm 2 et 3), pendant 3 semaines en 2009, jusqu'à ce que des données de mesure suffisamment représentatives soient disponibles pour la situation par vent arrière (c'est-à-dire lorsque la direction du vent va de la CND vers le point de mesure en question). En 2014, Vinçotte a mené une nouvelle campagne de mesure dans le cadre de l'EIE WMF⁶. Lors de la sélection des points de mesure, l'emplacement des bâtiments habités et des zones naturelles a été pris en compte. L'emplacement exact des points de mesure est présenté au tableau et à la figure ci-dessous.

⁶ La campagne de mesure a à nouveau été menée aux ptm 1 à 3 en 2014 (cf. Tableau II.2-19 et analyse ci-dessous en parallèle du tableau).



TABEAU II.2-17 : EMLACEMENT DES POINTS DE MESURE D'IMMISSION

Point	Emplacement	Coordonnées Lambert		Zone selon le plan régional (cf. paragraphe 2.6.3 dans la Partie I) conformément au VLAREM II	
		X	Y	Cat.	Description
Ptm-1	Limite nord du site à hauteur du monument britannique à 0 m de la limite du site	142384	224665	2	Zone naturelle < 500 m de la zone industrielle
Ptm-2	Scheldedijk à ± 200 m de la limite du site	142716	222989	2	
Ptm-3	Lindenhofstraat à ± 200 m de la limite du site	141509	223509	2	Zone agraire < 500 m de la zone industrielle

Comme il n'y a pas de différence entre les conditions de production pendant la journée (de 7 h à 19 h) et la nuit (de 22 h à 7 h), et donc entre les émissions sonores, seule la période la plus critique, c'est-à-dire la période nocturne, est prise en compte. En outre, le paramètre $L_{A95,1h}$ a été pris en compte, car il est le plus représentatif pour évaluer les sources sonores continues et stables (sur une base horaire).

Pour l'ensemble de la période nocturne, une valeur moyenne a été déterminée en considérant tous les niveaux $L_{A95,1h}$ en période nocturne. Cette moyenne a été calculée conformément aux dispositions techniques du VLAREM II. Il s'agit de la moyenne arithmétique des quatre valeurs horaires les plus basses en période nocturne, mesurées dans des conditions comparables et représentatives.

Le bruit ambiant en période nocturne (moyenne sur l'ensemble de la campagne de mesure) a été calculé pour les différents secteurs éoliens. À cette fin, une distinction a été faite entre huit secteurs différents, qui sont présentés ci-dessous.

TABLEAU II.2-18 : LES DIFFÉRENTS SECTEURS ÉOLIENS

Secteur éolien	De	À
Nord	337,5°	22,5°
Nord-Est	22,5°	67,5°
Est	67,5°	112,5°
Sud-Est	112,5°	157,5°
Sud	157,5°	202,5°
Sud-Ouest	202,5°	247,5°
Ouest	247,5°	292,5°
Nord-Ouest	292,5°	337,5°

Pour le calcul des moyennes par direction du vent, seules les valeurs mesurées à une vitesse moyenne du vent inférieure à 5 m/s ont été prises en compte.

Les résultats des mesures du bruit ambiant total effectuées en 2014 sont comparés aux résultats des campagnes de mesure de Vinçotte de septembre 2009, ainsi qu'à la norme de qualité environnementale (NQE) applicable.

TABLEAU II.2-19 : RÉSULTATS DE LA MESURE D'IMMISSION ET COMPARAISON AVEC LA NQE

Point	Période de mesure	L _{A95,1h} moyenne période nocturne en dB(A)								NQE en dB(A)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
Ptm-1	Sept 2009	48,9	50,0	49,8	50,2	50,5	49,8	49,0	(49,0)	45
	Sept 2014	46,5	49,1	49,5	48,4	(-)	47,9	48,0	(-)	
Ptm-2	Sept 2009	48,1	48,9	(44,2)	42,7	40,5	40,2	41,5	(45,7)	45
	Sept 2014	47,5	48,4	47,1	43,8	(-)	43,1	46,2	(-)	
Ptm-3	Sept 2009	45,5	47,1	(35,4)	37,4	37,3	34,0	(33,8)	(37,3)	45
	Sept 2014	43,6	44,5	43,3	39,8	(-)	35,9	39,6	(-)	

- Valeurs entre parenthèses (xx) : valeurs trop peu pertinentes pour calculer une moyenne représentative
- Indication (-) : aucune valeur mesurée pour la direction du vent concernée
- Valeurs en gras xx : résultats pour vent arrière de la CND vers le point de mesure considéré

Lors de la comparaison des résultats des mesures, il convient de tenir compte des différentes conditions d'exploitation entre septembre 2009 et 2014.

Ptm-1 : limite nord du site

Le point de mesure se trouve au nord de la CND. On peut donc parler d'une situation de vent arrière de la CND vers point de mesure par vent du sud. Pendant la campagne de mesure de 2014, cette direction du vent ne s'est pas manifestée. Les valeurs mesurées pour les directions du vent les plus proches, SE et SO, sont inférieures d'environ 2,0 dB(A) en 2014. Cela peut être dû aux conditions d'exploitation (moins d'unités en service).

La norme de qualité environnementale (NQE) est donc encore dépassée ici, de l'ordre de 5 dB, tant par vent arrière que dans les autres directions du vent.

Ptm-2 : Scheldedijk sud

Ce point de mesure se trouve à peu près à la même distance au sud de la CND. Par vent arrière, c'est-à-dire un vent du nord ou du nord-ouest de la CND vers le point de référence, le bruit ambiant mesuré en septembre 2014 est de 47,5 à 48,5 dB(A). Ces valeurs ne sont inférieures que de 0,5 dB(A) à celles de septembre 2009.

La norme de qualité environnementale (NQE) est donc ici dépassée de l'ordre de 1 à 3 dB par vent arrière.

Ptm-3 : Lindenhofstraat ouest

Le point de mesure est éloigné d'autres installations industrielles (étrangères à la CND). Le bruit ambiant total mesuré lors de la campagne de mesure de septembre 2014, par vent arrière de la zone industrielle vers le point de référence, était de 44,5 dB(A), ce qui représente une diminution de 2,6 dB(A) par rapport à la situation de septembre 2009.

Sur la base de ces résultats, on peut supposer que la norme de qualité environnementale NQE de 45 dB(A) sera respectée par vent arrière.

2.3.2.2 Description de l'émission sonore

En novembre-décembre 2009, Vinçotte a procédé à un inventaire détaillé des sources extérieures les plus pertinentes susceptibles d'avoir un impact potentiel sur le bruit ambiant. Il convient de faire une distinction entre les sources qui fonctionnent en continu et celles qui ne fonctionnent réellement que pendant une période limitée. L'entreprise dispose par exemple de groupes de secours et de condenseurs de refroidissement de secours répartis sur le site qui ne fonctionnent en principe qu'en situation d'urgence, mais qui, pour des raisons de sécurité et de maintenance, sont également testés individuellement tous les mois.

La puissance sonore de ces sources, qu'elles soient continues ou discontinues, a été déterminée au moyen de mesures d'intensité et/ou de pression sonore. Les différentes installations sont identiques pour les différentes centrales (Doel 1-2, Doel 3, Doel 4) et n'ont donc pas fait l'objet de nouvelles mesures individuelles. Des mesures ont également été effectuées pour les installations de plus grande envergure, comme les tours de refroidissement auxiliaires, sur un échantillon représentatif à partir duquel le niveau de puissance acoustique de l'ensemble de l'installation a été déterminé par 1/3 d'octave.

Pour les sources sonores qui font partie de la situation 2013-2014, mais qui n'ont pas été reprises dans l'inventaire des sources de 2009 ou qui ont été remplacées, le niveau de puissance sonore a été mesuré sur place par Tractebel Engineering le 3 juin 2020, lors d'une situation d'exploitation représentative.

Les nuisances sonores spécifiques de nouvelles sources sonores dont l'exploitation est supérieure à 10 % au cours de la période d'évaluation peuvent être comparées à la valeur limite pour les nuisances sonores continues des « nouvelles installations ». Les groupes de secours⁷ (nouvelles sources discontinues) ont à tout moment un temps de fonctionnement inférieur à 10 % de la période diurne. Les nouvelles sources doivent être considérées comme des nuisances sonores occasionnelles. Étant donné que les valeurs limites pour les nuisances sonores occasionnelles présentent une plus grande marge de tolérance que celles pour les nuisances sonores continues, on peut affirmer que les groupes de secours respectent largement la valeur limite applicable aux nuisances sonores occasionnelles.

⁷ Les pompes et les générateurs diesel « Best » (nouvelles sources discontinues) sont testés périodiquement dans le bâtiment GUM avec le volet ouvert. Dans le cadre du calcul de la transmission acoustique, une configuration en plein air a été considérée comme le scénario le plus défavorable.

N.B. Les tableaux ci-dessous fournissent un aperçu des puissances sonores LwA des sources continues et discontinues considérées.

2.3.2.2.1 Sources continues

Group e de sourc e	Description	Puissances sonores considérées en dB(A) re 1 pW
		2013-2014
1	Doel 1 – Transformateurs	102,6
2	Doel 1 – Ventilation bâtiment du réacteur	102,3
3	Doel 2 – Transformateurs	102,6
4	Doel 2 – Ventilation bâtiment du réacteur	102,3
5	Doel 1&2 – Tours de refroidissement auxiliaires	107,0
6	Doel 1&2 – Salle des machines	104,0
7	Doel 1&2 – Prise d'eau	102,9
8	Doel 1&2 – Ventilation GNH	100,3
9	Doel 3 – Transformateurs principaux	98,9
10	Doel 3 – Transformateurs auxiliaires à hauteur de MAZ	92,0
11	Doel 3 – Transformateurs auxiliaires entre MAZ et CGB	87,4
12	Doel 3 – Tour de refroidissement auxiliaire – ventilateur à haute vitesse	111,7
13	Doel 3 – Compresseur de réfrigération de type Yoric	100,8
14	Doel 3 – Salle des machines – fenêtres et grilles d'aération	103,2
15	Doel 3 – Ventilation BKR côté nord	103,7
16	Doel 3 – Ventilation BKR côté sud	103,7
16a	Doel 3 – Ventilation GEH	96,0
17	Doel 4 – Transformateurs principaux	98,9
18	Doel 4 – Transformateurs auxiliaires à hauteur de MAZ	92,0
19	Doel 4 – Transformateurs auxiliaires entre MAZ et CGB	87,4
20	Doel 4 – Tour de refroidissement auxiliaire – ventilateur à haute vitesse	111,7
21	Doel 4 – Compresseur de réfrigération de type Carrier	99,2
22	Doel 4 – Salle des machines – fenêtres et grilles d'aération	102,8
23	Doel 4 – Grilles de ventilation sur le toit GEH	94,8
24	Doel 4 – Ventilation BKR côté nord	109,7
25	Doel 4 – Ventilation BKR côté sud	108,4
26	Doel 3&4 – Prise d'eau	95,5
27	Doel 1&4 – Tour de refroidissement	117,8
28	Doel 1&4 – Pompes de circulation	109,3
29	Doel 1&4 – Pompes de recharge	103,3
30	Doel 2&3 – Tour de refroidissement	117,8
31	Doel 2&3 – Pompes de circulation	103,2
32	Doel 2&3 – Pompes de recharge	98,4
33	WAB – Tours de refroidissement auxiliaires	107,0

Group e de sourc e	Description	Puissances sonores considérées en dB(A) re 1 pW
		2013-2014
LWA TOTALE INSTALLÉE sur le site de la CND		123,4

La puissance sonore totale des sources continues de la CND est donc de 123,4 dB(A). Sur ce total, 55 % sont imputables aux deux tours de refroidissement qui, ensemble, ont un niveau de puissance sonore de 120,8 dB(A). Les refroidisseurs auxiliaires représentent 20 % supplémentaires. Le rayonnement des murs des salles des machines et la ventilation des bunkers et des bâtiments des réacteurs représentent 15 % de la puissance totale.

Certaines sources sonores ou certains groupes de sources sonores ont un caractère tonal, mais ce n'est plus le cas pour le niveau de puissance sonore global de la CND.

2.3.2.2.2 Sources discontinues

N°	Description	Quantité	Puissance sonore totale en dB(A) re 1 pW
			2013-2014
	Doel 1&2 – Générateurs diesel (4,3 MWth)	2	111,2
2	Doel 1&2 – Générateurs diesel de sécurité (6,2 MWth)	4	Hors service
3	Doel 1&2 – Générateurs diesel de secours (6,1 MWth)	2	115,1
4	Doel 1&2 – Refroidisseurs de secours circuit EC et PL	3	115,9
5	Doel 3 – Générateurs diesel de secours (12,6 MWth)	4	125,6
6	Doel 3 – Cheminées d'évacuation des gaz de combustion des générateurs diesel de sécurité (5,7 MWth)	3	106,8
7	Doel 4 – Générateurs diesel de secours (12,6 MWth)	3	124,4
9	Doel 4 – Cheminées d'évacuation des gaz de combustion des générateurs diesel de sécurité (5,7 MWth)	3	106,8
Niveau de puissance sonore total des sources DISCONTINUES			128,6 dB(A)

L'ensemble des sources discontinues représente un niveau de puissance sonore de 128,6 dB(A), dont seule une partie limitée est cependant en fonctionnement dans des circonstances normales durant une durée limitée et de manière non simultanée.

2.3.2.3 Calcul de la transmission acoustique

Les calculs de transmission acoustique ont été effectués sur la base des données disponibles décrites au paragraphe précédent, en utilisant le modèle « GEOMILIEU » selon la norme ISO 9613-2. Les calculs ont pris en compte l'emplacement exact des différentes sources sonores, la distance entre la source et le point de référence, l'absorption d'air, les éventuels effets d'écran et l'influence du sol. Les calculs ont été effectués pour la direction du vent la plus critique, c'est-à-dire la direction du vent depuis chaque source

sonore jusqu'à chaque point de référence. Pour l'humidité de l'air et la température, les valeurs prises en compte sont respectivement 70 % et 10 °C. Les calculs ont été effectués pour les bandes d'octave standardisées de 1/3 entre 25 Hz et 10 kHz.

Les nuisances sonores spécifiques (Lsp) de la CND ont été calculées à plusieurs points de référence.



Les Ptm 1, 2 et 3 sont identiques aux points de mesure sur lesquels les mesures d'immission ont été effectuées précédemment. Les points portant le code IP-1x sont situés à hauteur des habitations les plus proches, mais à plus de 200 m de la limite du site. Cependant, comme les nuisances sonores spécifiques d'une installation sont évaluées à 200 m de la limite du site, des points de référence portant le code IP-2x ont été choisis dans les différentes directions du vent, juste à la limite de 200 m autour des parcelles autorisées de la CND.

Pour l'évaluation des émissions sonores, les nuisances sonores spécifiques des sources continues de la CND doivent être comparées aux conditions du VLAREM II. Les conditions pour une **installation de classe 1 existante** doivent en outre être remplies. On peut les résumer comme suit.

- Si les nuisances sonores spécifiques **Lsp** de l'installation restent **inférieures** ou **tout au plus égales** à la **valeur guide applicable**, **l'installation est conforme** aux exigences en matière de nuisances sonores du VLAREM II. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est donc nécessaire.
- Toutefois, si les nuisances sonores spécifiques **Lsp dépassent** la valeur guide, **mais** que ce dépassement est **limité à un maximum de 10 dB(A)**, l'autorité compétente pour l'octroi des autorisations **peut**, sur avis de la section compétente pour les autorisations pour l'installation,

imposer un plan d'assainissement conformément aux dispositions de l'annexe 4.5.3 du VLAREM II.

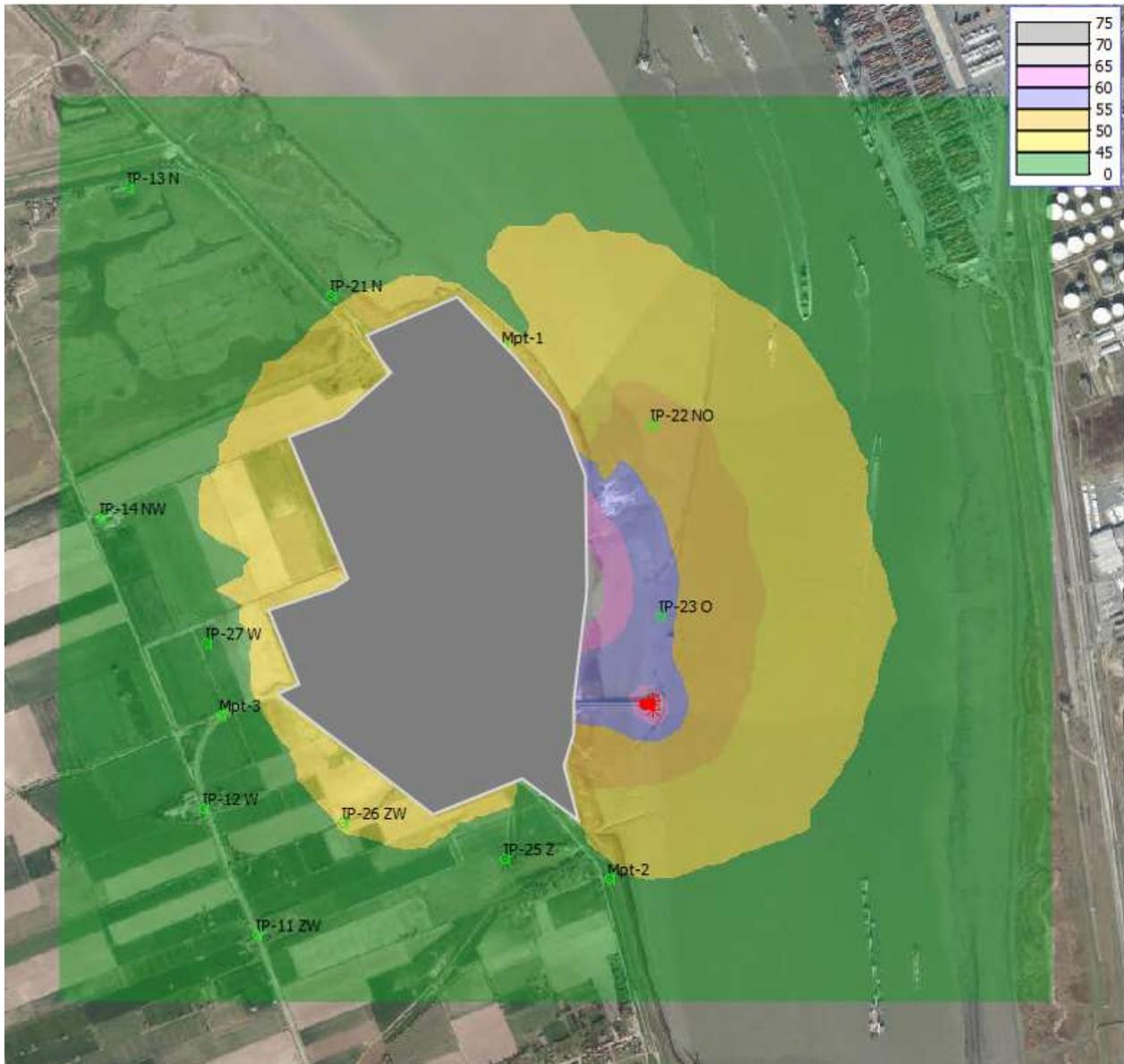
- Si un **dépassement de plus de 10 dB(A)** des nuisances spécifiques **Lsp** est constaté, l'exploitant de l'installation concernée doit, de sa propre initiative, **établir** et mettre en œuvre **un plan d'assainissement** conformément aux dispositions de l'annexe 4.5.3 du VLAREM II.

Comme les points d'immission sont tous situés à moins de 500 m d'une zone industrielle, **la valeur limite prise en compte devrait être la valeur guide en période nocturne pour les zones situées à moins de 500 m d'une zone industrielle, c'est-à-dire 45 dB(A).**

2.3.2.3.1 Sources continues

Deux calculs ont été effectués en fonction de la situation de fonctionnement des sources sonores. Le premier calcule la contribution sonore totale de toutes les sources qui fonctionnent en continu. Comme il n'y a pas de différence entre les situations de fonctionnement des sources continues pendant la journée, la soirée ou la nuit, il n'est pas nécessaire de calculer la situation d'immission en fonction de la période. L'évaluation de la valeur calculée est effectuée pour la période d'évaluation la plus critique, c'est-à-dire la période nocturne : 45 dB(A) à 200 m de la limite du site (en l'absence d'habitations à moins de 200 m de la limite du site). La contribution des sources discontinues, comme les groupes de secours, sera évoquée ci-après.

L'extension sonore calculée sur l'environnement est présentée au moyen de contours de bruit colorés (carte sonore). Un contour de bruit est formé en reliant entre eux des points de grille de même niveau de pression sonore. Sur la carte des contours de bruit, les zones ayant la même charge sonore (classe de charge sonore) sont représentées dans la même couleur, de sorte qu'on obtient un aperçu visuel clair de la propagation des nuisances sonores. La zone critique, c'est-à-dire la zone dans laquelle le niveau de pression sonore dépasse une certaine valeur de nuisance (c'est-à-dire la valeur guide applicable du VLAREM II), peut être clairement identifiée. La carte des contours de bruit donne un aperçu du mode de propagation et de l'étendue des nuisances sonores.



La figure ci-dessus montre la carte sonore calculée sur la base des puissances sonores des sources continues de la CND. Les contours de bruit sont indiqués à partir de 45 dB(A) avec un incrément de 5 dB(A) jusqu'à la valeur du contour de bruit de 75 dB(A).

La figure montre que les nuisances sonores spécifiques des sources continues à 200 m de la limite du site du côté est, c'est-à-dire dans la zone naturelle le long de l'Escaut, sont les plus élevées et varient de 45 à 60 dB(A). Du sud au nord en passant par l'ouest, les Lsp des sources continues varient largement en dessous de 45 dB(A) et sont donc conformes à la valeur guide. Plus au nord-est, les nuisances sonores spécifiques remontent à 50 dB(A) et plus.

En outre, les nuisances sonores spécifiques de la CND ont été calculées en valeur absolue pour les points de référence mentionnés ci-dessus (y compris les points d'évaluation et les points de mesure).

Situation 2013-2014	Nom	L _{sp}	Dépassement de la valeur guide du VLAREM II (dB(A))		
			J:50	S:45	N:45
	IP-11 SO_A	40.7	-	-	-
	IP-12 O_A	41.4	-	-	-
	IP-13 N_A	38.2	-	-	-
	IP-14 NO_A	41.3	-	-	-
	IP-21 N_A	44.6			
	IP-22 NE_A	51.7	1.7	6.7	6.7
	IP-23 E_A	56.6	6.6	11.6	11.6
	IP-25 S_A	43.1			
	IP-26 SO_A	45.3			
	IP-27 O_A	43.4			
	Ptm-1_A	48.7			
	Ptm-2_A	43.4			
	Ptm-3_A	43.6			

L _{sp} < VG
VG < L _{sp} < VG + 10
L _{sp} > VG + 10

Seuls les points de référence encadrés sont testés par rapport à la valeur guide du VLAREM II, car ils sont situés à une distance de 200 m par rapport à la limite du site. Les points de référence pour les habitations proches (IP-1x) ne doivent pas être comparés à proprement parler à la valeur guide, car ils se trouvent à une distance de plus de 200 m de la limite du site. Comme le Ptm 1 se trouve à la limite du site, il ne constitue pas non plus un point d'évaluation.

Les calculs montrent **qu'en soirée et pendant la nuit**, les nuisances sonores spécifiques de la CND dépassent la valeur guide à hauteur des points de référence IP-22 NE et IP-23 E. Ce dépassement à hauteur du point IP-23 E, c'est-à-dire à 200 m à l'est de la limite du site, est supérieur à 10 dB(A), ce qui signifie en soi que l'exploitant doit établir un plan d'assainissement⁸ de sa propre initiative.

Incidence sur le bruit ambiant

⁸ Une étude d'assainissement avait déjà été réalisée en 2010 par rapport à l'incidence sonore résultant des tours de refroidissement. Dans une étude réalisée par Technum (Studie geluidsanering koeltorens ; 090-390-0225 14/06/2012), les chutes d'eau avaient été identifiées comme la cause de l'émission sonore. En outre, un certain nombre de mesures potentielles ont été proposées pour réduire la contribution sonore sur l'environnement :

La faisabilité des mesures d'assainissement a été étudiée par le constructeur Hamon Thermal Europe et le bureau d'études Tractebel. D'un point de vue économique et sécuritaire, l'ajustement de la tour de refroidissement ne se justifie pas.

En plus du test ci-dessus des nuisances sonores spécifiques calculées par rapport à la valeur guide applicable du VLAREM II, l'impact attendu des nuisances sonores spécifiques sur le bruit ambiant est également pris en compte lors de la détermination du score d'incidence dans le cadre de pertinence. Le niveau sonore du bruit ambiant à un endroit donné est déterminé par le cumul de toutes les sources sonores présentes dans l'environnement, y compris les nuisances sonores industrielles de l'autre côté de l'Escaut. Les nuisances sonores spécifiques de la CND font donc partie du bruit ambiant.

Afin de pouvoir déterminer l'impact des nuisances sonores spécifiques de la CND sur le bruit ambiant, il faut d'abord avoir connaissance du bruit ambiant initial, c'est-à-dire le bruit ambiant qui serait mesuré lorsque la CND est complètement inactive. Ce bruit ambiant mesuré est considéré comme le bruit ambiant initial (abrégé BAI). Étant donné qu'aucune mesure ne peut être effectuée avec la CND hors service, il convient de calculer le BAI au moyen de la différence logarithmique entre le bruit ambiant mesuré à l'époque aux points de mesure autour de la CND dans des conditions de vent arrière et les nuisances sonores spécifiques calculées de la CND des sources continues à hauteur des points de mesure au moyen du modèle de transmission. La **détermination du BAI** a déjà été effectuée dans le cadre de l'EIE 2010, où le BAI défini aux points de mesure était, **en moyenne, de 45,6 dB(A)**.

Sur la base du bruit ambiant initial estimé, il est ensuite possible de définir les niveaux de pertinence à hauteur des différents points de référence selon le cadre de pertinence, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-20 : Niveaux de pertinence des nuisances sonores dans la situation 2013-2014

Situation 2013-2014								
Nom	Lsp	BAI	TOT = Lsp+BAI	Δ TOT-BAI	Score intermédiaire	Dépassement Lsp vs VG	Score final	
IP-11 SO_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-4.3	-1	
IP-12 O_A	41.4	45.6	47	1.4	-1	-3.6	-1	
IP-13 N_A	38.2	45.6	46.3	0.7	0	-6.8	0	
IP-14 NO_A	41.3	45.6	47	1.4	-1	-3.7	-1	
IP-21 N_A	44.6	45.6	48.1	2.5	-1	-0.4	-1	
IP-22 NE_A	51.7	45.6	52.7	7.1	-3	6.7	-2	
IP-23 E_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	11.6	-3	
IP-25 S_A	43.1	45.6	47.5	1.9	-1	-1.9	-1	
IP-26 SO_A	45.3	45.6	48.5	2.9	-1	0.3	-1	
IP-27 O_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1	
Ptm-1_A	48.7	45.6	50.4	4.8	-2	3.7	-2	
Ptm-2_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1	
Ptm-3_A	43.6	45.6	47.7	2.1	-1	-1.4	-1	

À hauteur des habitations les plus proches (IP-1x) de la CND, on trouve un niveau de pertinence (score final) de 0 ou -1, ce qui signifie que la CND a une incidence négligeable à « négativement limitée ». Il

convient de noter ici que ces points ne sont pas à proprement parler des points d'évaluation du VLAREM II, étant donné que la distance entre les habitations et la limite de la parcelle est supérieure à 200 m.

Aux points d'évaluation du VLAREM II (IP-2x), un niveau de pertinence de -1 est obtenu pour les zones nord, sud et ouest. Dans la zone est, on obtient un niveau de pertinence de -2 (= incidence « négative ») au nord-est et un niveau de pertinence de -3 (= incidence « considérablement négative ») à l'est, dans la zone naturelle située le long de l'Escaut.

2.3.2.3.2 Sources discontinues

Outre les machines qui fonctionnent en continu et émettent des nuisances sonores permanentes la journée, la soirée et la nuit, la CND possède plusieurs générateurs électriques et pompes à utiliser en cas de problème. Ces installations de secours, dont certaines sont montées sur des remorques, sont réparties sur l'ensemble du site, dans un bâtiment technique (à l'exception d'un générateur diesel de secours qui se trouve dans l'entrepôt et d'une pompe à Doel 1/2). Les niveaux d'émission sonore des sources discontinues ont déjà été déterminés lors de l'inventaire des sources de 2009. Toutefois, les quatre générateurs diesel de sécurité (PKD-D0/DG 12,14,22,24) ont été retirés de l'inventaire des sources de 2009 et remplacés par cinq nouvelles machines, toutes installées dans un bâtiment en béton compartimenté avec une grille de compression/décompression et une batterie d'unités de refroidissement en plein air.

Les installations de secours sont en permanence hors service et ne sont mises en marche qu'à court terme, dans le cadre des tests mensuels et d'opérations de maintenance.

Toutes ces installations de secours ne sont jamais mises en marche en même temps, sauf, évidemment, en cas d'urgence. Une incidence moyenne pondérée dans le temps sera donc déterminée sur la base des données des relevés des compteurs (heures de fonctionnement) des installations de secours effectués en 2013 et 2014.

En situation d'urgence en cas de problème, la contribution sonore du fonctionnement simultané de toutes les installations de secours peut atteindre une nuisance sonore spécifique maximale qui est supérieure d'environ 20 dB(A) aux « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » calculées ci-dessous pour les sources discontinues. Dans une telle situation, l'impact sur l'environnement est comparable à l'impact actuel des sources continues.

Il n'est pas souhaitable de procéder à des tests supplémentaires pendant la LTO.

En supposant qu'il y a 220 jours de travail par an et 12 heures par jour, la durée moyenne quotidienne de fonctionnement a été déterminée par groupe de secours. La contribution pondérée dans le temps de chaque groupe de secours a été déterminée en combinaison avec les nuisances sonores spécifiques de chaque groupe de secours individuel, calculé sur la base du modèle de transmission. La somme logarithmique de toutes ces contributions individuelles donne les nuisances sonores spécifiques moyennes de l'ensemble de ces installations de secours discontinues de la CND à hauteur des points de référence considérés.

Nom	2013-2014
IP-11 SO_A	20.3
IP-12 O_A	21.4
IP-13 N_A	26.8
IP-14 NO_A	32.2
IP-21 N_A	32.1
IP-22 NE_A	38.7
IP-23 E_A	33.1
IP-25 S_A	25.8
IP-26 SO_A	28.9
IP-27 O_A	33.9
Ptm-1_A	40.3
Ptm-2_A	26.4
Ptm-3_A	28.2

Les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources discontinues restent largement en deçà des nuisances sonores spécifiques des sources continues pour tous les points de référence.

La somme logarithmique des « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources discontinues et des sources continues et leur évaluation à l'aune de la valeur guide de 50 dB(A) en période diurne (à condition que les sources discontinues soient uniquement testées pendant la journée) sont présentées dans le tableau ci-dessous pour les points de référence.

Tableau 2-21 : Nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2013-2014

Situation 2013-2014

Nom	Sources continues	Sources discontinues « pondérées dans le temps »	Sources continues + discontinues	Dépassement TOT vs VG 50 (période diurne)
	Lsp	Lsp	TOT Lsp	
IP-11 SO_A	40.7	20.3	40.7	-
IP-12 O_A	41.4	21.4	41.4	-
IP-13 N_A	38.2	26.8	38.5	-
IP-14 NO_A	41.3	32.2	41.8	-
IP-21 N_A	44.6	32.1	44.8	-
IP-22 NE_A	51.7	38.7	51.9	+1.9
IP-23 E_A	56.6	33.1	56.6	+6.6
IP-25 S_A	43.1	25.8	43.2	-
IP-26 SO_A	45.3	28.9	45.4	-
IP-27 O_A	43.4	33.9	43.9	-

Ptm-1_A	48.7	40.3	49.3	-
Ptm-2_A	43.4	26.4	43.5	-
Ptm-3_A	43.6	28.2	43.7	-

À la plupart des points, la somme logarithmique des deux reste inférieure à la valeur guide pour la période diurne, sauf pour les points de référence IP-22 NE et IP-23 E, situés dans la zone naturelle à 200 m de la limite du site à l'est ou au nord-est. À ces points, les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » dépassent la valeur guide pour la période diurne d'environ 2 à 6 dB(A). On constate déjà un dépassement de la valeur guide de 50 dB(A) avec la seule contribution des sources continues. Les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources sonores discontinues n'entraînent qu'un dépassement négligeable de 0,2 dB(A) au point de référence IP-22 NE. Au point de référence IP-23 E, aucun dépassement supplémentaire n'est occasionné par les sources discontinues dans le niveau sonore cumulatif.

Enfin, on pourrait considérer séparément les nuisances sonores provoquées par les sources discontinues en tant que nuisances sonores occasionnelles devant être évaluées à l'aune des valeurs guides concernées, soit 65 dB(A) la journée et 55 dB(A) le soir et la nuit. Ces valeurs guides pour les nuisances sonores occasionnelles sont loin d'être atteintes, et ce à tous les points de référence. L'EIE 2010 l'avait déjà confirmé.

L'extension sonore calculée sur l'environnement des « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues est présentée au moyen de contours de bruit colorés (carte sonore). Un contour de bruit est formé en reliant entre eux des points de grille de même niveau de pression sonore. Sur la carte des contours de bruit, les zones ayant la même charge sonore (classe de charge sonore) sont représentées dans la même couleur, de sorte qu'on obtient un aperçu visuel clair de la propagation des nuisances sonores. La zone critique, c'est-à-dire la zone dans laquelle le niveau de pression sonore dépasse une certaine valeur de nuisance (c'est-à-dire la valeur guide applicable du VLAREM II), peut être clairement identifiée. La carte des contours de bruit donne un aperçu du mode de propagation et de l'étendue des nuisances sonores.



La figure ci-dessus montre la carte sonore pour les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues de la CND. Les contours de bruit sont indiqués à partir de 45 dB(A) avec un incrément de 5 dB(A) jusqu'à la valeur du contour de bruit de 75 dB(A).

La figure montre que les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues ne dépassent nulle part la valeur guide de 50 du VLAREM II pendant la journée dans l'environnement de la CND. La carte sonore montre même que le contour de nuisance de 50 dB(A) se situe complètement sur le site de la CND.

Comme c'était le cas pour les sources continues, l'incidence sur le bruit ambiant et le niveau de pertinence à hauteur des différents points de référence pour les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » peut être déterminée pour la combinaison des sources continues et discontinues.



Tableau 2-22 : Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2013-2014

**Situation 20
13-2014**

Nom	Sources continues + discontinues		TOT = Lsp+BAI	Δ TOT-BAI	Score intermédiaire	Dépassement Lsp vs VG	Score final
	Lsp	BAI					
IP-11 SO_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-9.3	-1
IP-12 O_A	41.4	45.6	47	1.4	-1	-8.6	-1
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0
IP-14 NO_A	41.8	45.6	47.1	1.5	-1	-8.2	-1
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1
IP-22 NE_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2
IP-23 E_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	6.6	-2
IP-25 S_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-6.8	-1
IP-26 SO_A	45.4	45.6	48.5	2.9	-1	-4.6	-1
IP-27 O_A	43.9	45.6	47.8	2.2	-1	-6.1	-1
Ptm-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1
Ptm-2_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1
Ptm-3_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1

En ce qui concerne les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées » des sources continues et discontinues prises ensemble, on trouve un niveau de pertinence (score final) de 0 ou -1 « en journée » à hauteur des habitations les plus proches (IP-1x) autour de la CND, ce qui signifie que la CND y a une incidence négligeable à « négativement limitée ». Il convient de noter ici que ces points ne sont pas à proprement parler des points d'évaluation du VLAREM II, étant donné que la distance entre les habitations et la limite de la parcelle est supérieure à 200 m.

Aux points d'évaluation du VLAREM II (IP-2x), un niveau de pertinence de -1 est obtenu pour les zones nord, sud et ouest. Dans les zones est et nord-est, on obtient un niveau de pertinence de -2 (= incidence « négative »), dans la zone naturelle située le long de l'Escaut.

Cette situation d'évaluation ne survient pas en période nocturne, à condition que les sources discontinues soient uniquement testées en période diurne.

2.3.3 Évaluation des incidences

2.3.3.1 Phase d'exploitation entre 2015 et 2019

2.3.3.1.1 Mesures d'immission (2016-2017)

Les mesures d'immission sonore les plus récentes ont été effectuées en 2017 par Vinçotte dans le cadre de l'EIE SF2 à 3 points de mesure sur une période de 18 jours. Les points de mesure considérés sont identiques à ceux de l'EIE 2010 sur l'ensemble du site de la CND et à ceux de l'EIE WMF de 2014.

Les résultats des mesures effectuées récemment au mois de février 2017 sur le bruit ambiant total sont comparés aux résultats des campagnes de mesure menées par Vinçotte en septembre 2009 et 2014 et par Technum en septembre 2016 (pendant environ 4 semaines en juin-juillet 2016), ainsi qu'avec la norme de qualité environnementale (NQE) en vigueur.

TABLEAU II.2-23 : RÉSULTATS DE LA MESURE D'IMMISSION ET COMPARAISON AVEC LA NQE

Point	Période de mesure	L _{A95,1h} moyenne période nocturne en dB(A)								NQE en dB(A)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
Ptm-1	Sept 2009	48,9	50,0	49,8	50,2	50,5	49,8	49,0	(49,0)	45
	Sept 2014	46,5	49,1	49,5	48,4	(-)	47,9	48,0	(-)	
	Sept 2016	47,4	(50,5)	50,7	50,2	50,2	50,0	48,1	47,4	
	Fév 2017	(-)	(-)	48,0	50,5	51,4	50,8	49,0	(-)	
Ptm-2	Sept 2009	48,1	48,9	(44,2)	42,7	40,5	40,2	41,5	(45,7)	45
	Sept 2014	47,5	48,4	47,1	43,8	(-)	43,1	46,2	(-)	
	Sept 2016	46,9	(47,6)	43,7	40,9	40,9	41,1	42,0	46,2	
	Fév 2017	(-)	(-)	46,0	46,3	44,9	43,2	46,3	(-)	
Ptm-3	Sept 2009	45,5	47,1	(35,4)	37,4	37,3	34,0	(33,8)	(37,3)	45
	Sept 2014	43,6	44,5	43,3	39,8	(-)	35,9	39,6	(-)	
	Sept 2016	37,8	(42,4)	41,1	32,7	32,7	32,2	32,2	35,6	
	Fév 2017	(-)	(-)	40,2	41,6	40,5	37,0	36,3	(-)	

- Valeurs entre parenthèses (xx) : valeurs trop peu pertinentes pour calculer une moyenne représentative
- Indication (-) : aucune valeur mesurée pour la direction du vent concernée
- Valeurs en gras xx : résultats pour vent arrière de la CND vers le point de mesure considéré

La comparaison des résultats des mesures doit tenir compte des différentes conditions d'exploitation entre septembre 2009, 2014 et 2016 et février 2017.

Ptm-1 : Limite nord du site

Le point de mesure se trouve au nord de la CND. On peut donc parler d'une situation de vent arrière de la CND vers point de mesure par vent du sud. Pendant la campagne de mesure de 2014, cette direction du vent ne s'est pas manifestée. Les valeurs mesurées pour les directions du vent les plus proches, SE et SO, sont inférieures d'environ 2,0 dB(A) en 2014. Cela peut être dû aux conditions d'exploitation (moins d'unités en service).

Les campagnes de mesure de septembre 2016 (Technum) et de février 2017 (Vinçotte) donnent des valeurs mutuellement comparables, qui sont également conformes aux résultats de 2009.

En fin de compte, le bruit ambiant par vent SO, S et SE semble rester stable au fil du temps et atteindre une moyenne de $\pm 50,5$ dB(A) pendant la nuit.

La norme de qualité environnementale (NQE) est donc encore dépassée ici, de l'ordre de 5 dB, tant par vent arrière que dans les autres directions du vent.

La variation du bruit ambiant en fonction de la direction du vent est limitée à 3,0 dB. Cela peut s'expliquer par le fait que le Ptm-1 est situé à une distance relativement faible d'autres installations industrielles (étrangères à la CND) de l'autre côté de l'Escaut.

Ptm-2 : Scheldedijk sud

Ce point de mesure se trouve à peu près à la même distance au sud de la CND. Par vent arrière, c'est-à-dire un vent du nord ou du nord-ouest de la CND vers le point de référence, le bruit ambiant mesuré en septembre 2014 est de 47,5 à 48,5 dB(A). Ces valeurs ne sont inférieures que de 0,5 dB(A) à celles de septembre 2009.

Les campagnes de mesure de septembre 2016 (Technum) et de février 2017 (Vinçotte) donnent de résultats très variables. Les résultats de septembre 2016 sont inférieurs à ceux de 2014 ; ceux de février 2017 sont, quant à eux, supérieurs à ceux de 2009. Aucune valeur par vent arrière n'est disponible en 2017.

En fin de compte, le bruit ambiant par vent N et NO au fil du temps semble être de l'ordre de 46 à 48 dB(A) pendant la nuit.

La norme de qualité environnementale (NQE) est donc ici dépassée de l'ordre de 1 à 3 dB par vent arrière.

Ptm-3 : Lindenhofstraat ouest

Le point de mesure est éloigné d'autres installations industrielles (étrangères à la CND). Le bruit ambiant total mesuré lors de la campagne de mesure de septembre 2014, par vent arrière de la zone industrielle vers le point de référence, était de 44,5 dB(A), ce qui représente une diminution de 2,6 dB(A) par rapport à la situation de septembre 2009.

La campagne de mesure de septembre 2016 confirme cette tendance. Les résultats de février 2017 sont, pour leur part, plutôt dans le droit fil de 2009, mais aucun résultat n'est disponible par vent arrière.

Sur la base de ces résultats, on peut supposer que la norme de qualité environnementale NQE de 45 dB(A) sera respectée par vent arrière.

2.3.3.1.2 Description de l'émission sonore

Les tableaux ci-dessous fournissent un aperçu des puissances sonores LwA des sources continues et discontinues considérées.

2.3.3.1.3 Sources continues

La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2015-2019 correspond à la situation 2013-2014.

2.3.3.1.4 Sources discontinues

Tableau 2-24 : Puissance sonore totale des sources discontinues

N°	Description	Quantité	Puissance sonore totale en dB(A) re 1 pW	
				2015-2019
1	Doel 1&2 – Générateurs diesel (4,3 MWth)	2		111,2
2	Doel 1&2 – Générateurs diesel de sécurité (6,2 MWth)	4		Hors service
3	Doel 1&2 – Générateurs diesel de sécurité	5	Nouveau	105
4	Doel 1&2 – Générateurs diesel de secours (6,1 MWth)	2		115,1
5	Doel 1&2 – Refroidisseurs de secours circuit EC et PL	3		115,9
6	Doel 3 – Générateurs diesel de secours (12,6 MWth)	4		125,6
7	Doel 3 – Cheminées d'évacuation des gaz de combustion des générateurs diesel de sécurité (5,7 MWth)	3		106,8
8	Doel 4 – Générateurs diesel de secours (12,6 MWth)	3		124,4
9	Doel 4 – Cheminées d'évacuation des gaz de combustion des générateurs diesel de sécurité (5,7 MWth)	3		106,8
10	Pompiers GUM – Pompes BEST	9	Nouveau	114,5
11	Pompiers GUM – Générateurs diesel BEST	11	Nouveau	98,5 102,5
12	Entrepôt – Générateur diesel de secours	1	Nouveau	91
Niveau de puissance sonore total des sources DISCONTINUES				128,8 dB(A)

Note : BEST = BElgian Stress Tests

L'ensemble des sources discontinues représente un niveau de puissance sonore de 128,8 dB(A), dont cependant seule une partie limitée est en fonctionnement dans des circonstances normales durant une durée limitée et de manière non simultanée. Cela représente une augmentation négligeable du niveau de puissance sonore total de 0,2 dB(A) par rapport à la situation 2013-2014.

2.3.3.1.5 Calcul de la transmission acoustique

2.3.3.1.6 Sources continues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2015-2019 est conforme à la situation 2013-2014, il est fait référence, pour les incidences sonores, à la situation 2013-2014.

2.3.3.1.7 Sources discontinues

Outre les changements qui ont eu lieu pour la description de la situation 2013-2014, 11 nouveaux « générateurs diesel BEST » et 9 « pompes diesel BEST » ont été acquis dans le bâtiment GUM des pompiers. Les puissances sonores de ces nouvelles sources ont été mesurées en juin 2020.

Les installations de secours sont en permanence hors service et n'ont été mises en service que brièvement, dans le cadre de tests mensuels et d'opérations de maintenance.

Les pompes sont entretenues à raison de quatre fois par an (5 grandes de type 150 et 5 petites de type 80), dont trois opérations de maintenance mineures axées sur la tension des batteries et une opération de maintenance majeure par an concernant le remplacement de l'huile, des filtres, etc. Dans le même temps,

les techniciens effectuent une mise en service au cours de laquelle la pompe fonctionne pendant 1 minute à maximum 5 minutes. Cette maintenance est réalisée sur place, dans le bâtiment GUM, avec portes ouvertes et pour 1 pompe à Doel 1/2, car elle est en permanence à l'extérieur à Doel 1/2. Outre la mise en route de la pompe pendant la maintenance, les pompes sont aussi testées une fois par mois. Au cours de ce test, elles fonctionnent également pendant 5 minutes maximum. En outre, un test de débit complet de toutes les pompes est effectué tous les trois ans. La durée maximale de ce test est d'une demi-heure par pompe. Tous les tests sont effectués en période diurne.

En supposant qu'il y a 220 jours de travail par an et 12 heures par jour, la durée moyenne quotidienne de fonctionnement a été déterminée par groupe de secours. La contribution pondérée dans le temps de chaque groupe de secours a été déterminée en combinaison avec les nuisances sonores spécifiques de chaque groupe de secours individuel, calculé sur la base du modèle de transmission. La somme logarithmique de toutes ces contributions individuelles donne les nuisances sonores spécifiques moyennes de l'ensemble de ces installations de secours discontinues de la CND à hauteur des points de référence considérés.

Tableau 2-25 : Nuisances sonores spécifiques moyennes à hauteur des points de référence

Nom	2015-2019
IP-11 SO_A	21.2
IP-12 O_A	23.1
IP-13 N_A	26.9
IP-14 NO_A	32.2
IP-21 N_A	32.1
IP-22 NE_A	38.7
IP-23 E_A	33.1
IP-25 S_A	26.1
IP-26 SO_A	29.3
IP-27 O_A	33.9
Ptm-1_A	40.3
Ptm-2_A	26.6
Ptm-3_A	28.8

* calculé en Genoïse

Les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources discontinues restent largement en deçà des nuisances sonores spécifiques des sources continues pour tous les points de référence.

La somme logarithmique des « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources discontinues et des sources continues et leur évaluation à l'aune de la valeur guide de 50 dB(A) en période diurne (à condition que les sources discontinues soient uniquement testées pendant la journée) sont présentées dans le tableau ci-dessous pour les points de référence.

Tableau 2-26 : Nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2015-2019

Situation 2015-2019				
Nom	Sources continues Lsp	Sources discontinues « pondérées dans le temps » Lsp	Sources continues + discontinues TOT Lsp	Dépassement TOT vs VG 50 (période diurne)
IP-11 SO_A	40.7	21.2	40.7	-
IP-12 O_A	41.4	23.1	41.5	-
IP-13 N_A	38.2	26.9	38.5	-
IP-14 NO_A	41.3	32.2	41.8	-
IP-21 N_A	44.6	32.1	44.8	-
IP-22 NE_A	51.7	38.7	51.9	+1.9
IP-23 E_A	56.6	33.1	56.6	+6.6
IP-25 S_A	43.1	26.1	43.2	-
IP-26 SO_A	45.3	29.3	45.4	-
IP-27 O_A	43.4	33.9	43.9	-
Ptm-1_A	48.7	40.3	49.3	-
Ptm-2_A	43.4	26.6	43.5	-
Ptm-3_A	43.6	28.8	43.7	-

À la plupart des points, la somme logarithmique des deux reste inférieure à la valeur guide pour la période diurne, sauf pour les points de référence IP-22 NE et IP-23 E, situés dans la zone naturelle à 200 m de la limite du site à l'est ou au nord-est. À ces points, les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » dépassent la valeur guide pour la période diurne d'environ 2 à 6 dB(A). On constate déjà un dépassement de la valeur guide de 50 dB(A) avec la seule contribution des sources continues. Les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources sonores discontinues n'entraînent qu'un dépassement négligeable de 0,2 dB(A) au point de référence IP-22 NE. Au point de référence IP-23 E, aucun dépassement supplémentaire n'est occasionné par les sources discontinues dans le niveau sonore cumulatif. L'évaluation des incidences reste ainsi identique à la situation 2013-2014.

L'extension sonore calculée sur l'environnement des « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues est présentée au moyen de contours de bruit colorés (carte sonore). Un contour de bruit est formé en reliant entre eux des points de grille de même niveau de pression sonore. Sur la carte des contours de bruit, les zones ayant la même charge sonore (classe de charge sonore) sont représentées dans la même couleur, de sorte qu'on obtient un aperçu visuel clair de la propagation des nuisances sonores. La zone critique, c'est-à-dire la zone dans laquelle le niveau de pression sonore dépasse une certaine valeur de nuisance (c'est-à-dire la valeur guide applicable du VLAREM II), peut être clairement identifiée. La carte des contours de bruit donne un aperçu du mode de propagation et de l'étendue des nuisances sonores.



La figure ci-dessus montre la carte sonore pour les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues de la CND. Les contours de bruit sont indiqués à partir de 45 dB(A) avec un incrément de 5 dB(A) jusqu'à la valeur du contour de bruit de 75 dB(A).

La figure montre que les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues ne dépassent nulle part la valeur guide de 50 du VLAREM II pendant la journée dans l'environnement de la CND. La carte sonore montre même que le contour de nuisance de 50 dB(A) se situe complètement sur le site de la CND.

Comme c'était le cas pour les sources continues, l'incidence sur le bruit ambiant et le niveau de pertinence à hauteur des différents points de référence pour les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » peut être déterminée pour la combinaison des sources continues et discontinues.

Tableau 2-27 : Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2015-2019

**Situation 201
5-2019**

Nom	Sources continues + discontinues		TOT = Lsp+BAI	Δ TOT- BAI	Score intermédiaire e	Dépassement Lsp vs VG	Score final
	Lsp	BAI					
IP-11 SO_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-9.3	-1
IP-12 O_A	41.5	45.6	47	1.4	-1	-8.5	-1
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0
IP-14 NO_A	41.8	45.6	47.1	1.5	-1	-8.2	-1
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1
IP-22 NE_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2
IP-23 E_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	6.6	-2
IP-25 S_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-6.8	-1
IP-26 SO_A	45.4	45.6	48.5	2.9	-1	-4.6	-1
IP-27 O_A	43.9	45.6	47.8	2.2	-1	-6.1	-1
Ptm-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1
Ptm-2_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1
Ptm-3_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1

En ce qui concerne les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées » des sources continues et discontinues prises ensemble, on trouve un niveau de pertinence (score final) de 0 ou -1 « en journée » à hauteur des habitations les plus proches (IP-1x) autour de la CND, ce qui signifie que la CND y a une incidence négligeable à « négativement limitée ». Il convient de noter ici que ces points ne sont pas à proprement parler des points d'évaluation du VLAREM II, étant donné que la distance entre les habitations et la limite de la parcelle est supérieure à 200 m.

Aux points d'évaluation du VLAREM II (IP-2x), un niveau de pertinence de -1 est obtenu pour les zones nord, sud et ouest. Dans les zones est et nord-est, on obtient un niveau de pertinence de -2 (= incidence « négative »), dans la zone naturelle située le long de l'Escaut.

Cette situation d'évaluation ne survient pas en période nocturne, à condition que les sources discontinues soient uniquement testées en période diurne.

L'évaluation des incidences reste ainsi identique à la situation 2013-2014.

2.3.3.2 Description de l'impact sonore des travaux LTO

Deux projets de construction sont prévus dans la phase d'aménagement LTO :

- bâtiments CFVS (avec FCV) ;
- bâtiment des pompes FE (sur pieux vissés).

Le chantier du bâtiment FE est en partie exécuté de manière concomitante au chantier des bâtiments CFVS. Afin d'établir une estimation prudente, il est supposé, pour l'impact sonore, que les deux chantiers seront effectués en même temps.

Un chantier est à l'origine de nombreuses formes de nuisances sonores, qui sont la conséquence de :

- machines, matériel et travaux bruyants ;
- disposition inadéquate des sources sonores (proximité des habitations, absence d'une mesure d'atténuation des nuisances sonores, etc.) ;
- cris et certains comportements.

Chaque chantier génère des émissions sonores spécifiques en fonction du type de travail effectué. De plus, ces émissions sonores changent au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Les principaux travaux du projet présentant un risque de nuisances sonores/de vibrations sont énumérés ci-dessous :

- pour le bâtiment des pompes FE, des travaux de fondation des pieux sont prévus ;
- les terres excavées doivent être évacuées et les matériaux de construction/fondation doivent être amenés.

Le Tableau 2-28 présente les équipements utilisés dans le cadre des travaux susmentionnés :

- excavatrices ;
- grues à tour ;
- machine à pieux vissés ;
- nacelles (élévateurs) ;
- générateur de courant ;
- petit outillage de construction ;
- camion-malaxeurs.

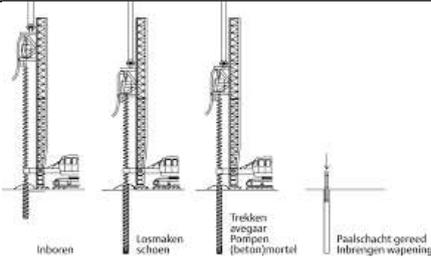
N.B. Aucun travail d'assèchement n'est prévu. Il n'y a donc pas de pompes d'assèchement.

L'exposition sonore des travaux dépend de l'environnement du chantier, de l'avancement des travaux et de la différence notable entre l'émission sonore théorique (limitée par l'AR du 6 mars 2002 relatif au niveau de puissance sonore des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur) et l'émission sonore réelle.

Le niveau de puissance sonore des équipements déclarés est indiqué dans le tableau ci-dessous, conformément aux spécifications techniques. En l'absence de données, le niveau de puissance sonore d'un équipement caractéristique est donné.

Chaque équipement doit néanmoins respecter le niveau de puissance sonore maximal autorisé conformément à l'AR du 6 mars 2002.

Tableau 2-28 : Équipements caractéristiques utilisés pendant la phase d'aménagement et leur niveau de puissance sonore

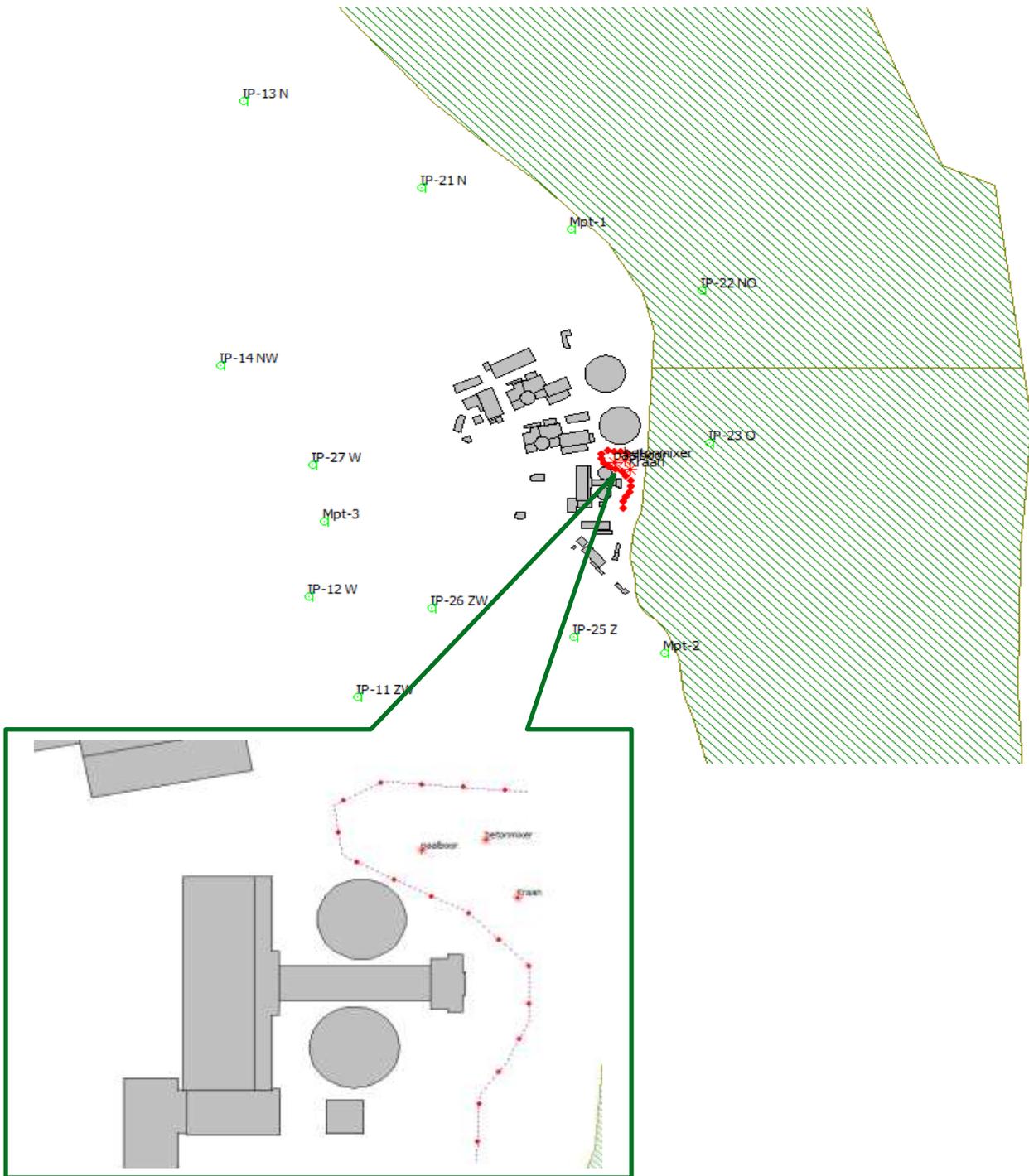
Type de matériel	Équipement caractéristique Puissance nette installée P en kW	Niveau de puissance sonore selon la fiche technique
Excavatrice	 <p>Type : Caterpillar 328 DL 140 kW</p>	106 dB(A)
Grue à tour	 <p>Type : Liebherr 280 ECH 65 kW et Liebherr 200 ECH 45 kW</p>	105 dB(A)
Machines à pieux vissés	 <p>Inboeren Losmaken schoen Trekken zwaargar Pompen (beton)mortel Paalschacht gereed Inbrengen wapening</p>	< 110 dB(A)

Type de matériel	Équipement caractéristique Puissance nette installée P en kW	Niveau de puissance sonore selon la fiche technique
Camion-malaxeur	 DAF CF85/410 – 302 kW	107 dB(A) ⁹
Benne/camion [Transport de matériaux par la route]		104 dB(A)

Le déplacement de terres est estimé à 1 000 m³ (500 m³ par projet). Cela signifie que le nombre de mouvements de camions est ainsi limité et essentiellement limité lors des travaux d'excavation et d'approvisionnement en matériaux. Le transport de fret n'est prévu qu'en période diurne. Il n'y a pas d'itinéraires de chantier en dehors des limites de la parcelle de la CND, car les terres excavées sont temporairement stockées dans notre la zone de chantier propre en vue de leur réutilisation. Pour l'itinéraire de chantier interne, la route adjacente menant aux zones de projet est partiellement utilisée.

Sur la base des données relatives aux travaux d'aménagement, un modèle de calcul acoustique a été établi : pour la simulation, le modèle se base sur la situation de charge maximale, c'est-à-dire les nuisances sonores spécifiques à un moment où tous les équipements (un équipement pour chaque type) fonctionnent simultanément. Cette situation est cumulée à la contribution sonore horaire moyenne du transport interne de chantier sur la route adjacente entre la zone du projet et l'installation de stockage voisine pour les terres déplacées au sein de la zone du chantier. L'extrait suivant du modèle de calcul indique l'emplacement des équipements dans la zone de chantier par un astérisque et la route de chantier par une ligne rouge. L'emplacement des points de référence est également indiqué, ainsi que la surface de l'eau (partie hachurée en vert) de l'Escaut.

⁹ Puissance sonore de l'étude de Peutz BV – Bouwlawaai : hoe ermee om te gaan in de praktijk.



La somme logarithmique des « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources discontinues, des sources continues et de la contribution des nuisances sonores de chantier, ainsi que leur évaluation à l'aune de la valeur guide de 50 dB(A) en période diurne (à condition que les sources discontinues et les activités de chantier soient uniquement testées pendant la journée) sont indiquées dans le tableau ci-dessous pour les points de référence.

Tableau 2-29 : Évaluation de la somme logarithmique des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps par rapport à la valeur guide à hauteur des points de référence dans la situation 2015-2019

Situation 2015-2019

Nom	Sources continues + discontinues Lsp	Équipements aménagement LTO Lsp-chantier	Sources continues + discontinues + équipements aménagement TOT Lsp	Dépassement TOT vs VG 50 (période diurne)
IP-11 SO_A	40.7	31.4	41.3	-
IP-12 O_A	41.5	20.7	41.6	-
IP-13 N_A	38.5	24.7	39	-
IP-14 NO_A	41.8	23.3	42.3	-
IP-21 N_A	44.8	19.3	45.1	-
IP-22 NE_A	51.9	39.8	52.4	+2.4
IP-23 E_A	56.6	50.4	57.6	+7.6
IP-25 S_A	43.2	36.2	44	-
IP-26 SO_A	45.4	33.9	45.8	-
IP-27 O_A	43.9	33.2	44.6	-
Ptm-1_A	49.3	17.0	49.8	-
Ptm-2_A	43.5	42.9	46.3	-
Ptm-3_A	43.7	20.2	43.9	-

À la plupart des points, la somme logarithmique des deux reste inférieure à la valeur guide pour la période diurne, sauf pour les points de référence IP-22 NE et IP-23 E, situés dans la zone naturelle à 200 m de la limite du site à l'est ou au nord-est. Cette situation se produit déjà sans les activités du chantier. À ces points, les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » dépassent la valeur guide pour la période diurne d'environ 2 à 7 dB(A). On constate déjà un dépassement de la valeur guide de 50 dB(A) avec la seule contribution des sources continues. La contribution sonore supplémentaire des travaux n'entraîne qu'un dépassement limité supplémentaire de respectivement 0,5 dB(A) au point de référence IP-22 NE et de 1 dB(A) au point de référence IP-23 E, dans une fenêtre de temps limitée. L'évaluation des incidences pendant les travaux (pour la situation de charge la plus défavorable) reste ainsi conforme à la situation 2013-2014.

En Flandre, les normes de bruit pour l'évaluation des nuisances sonores spécifiques pendant les travaux temporaires ne sont pas régulées en tant que telles par la législation. On peut toutefois se référer aux normes de bruit établies pour les travaux de construction dans nos pays voisins. Le décret néerlandais sur la construction de 2012 (Nederlands Bouwbesluit) fixe une charge sonore de 60 dB(A) comme valeur limite à hauteur des façades des bâtiments environnants ou d'autres destinations sensibles au bruit.

- Jusqu'à 60 dB(A), il n'y a en effet pas de limitation de la durée d'exposition.
- À partir de 60 dB(A) et jusqu'à maximum 80 dB(A), le nombre de jours pendant lesquels les riverains sont exposés aux nuisances sonores des travaux de construction est réglementé (limité).

Lorsque le niveau du bruit provoqué par les travaux avoisine les 60 dB(A), ces nuisances sonores seront certainement perceptibles et clairement identifiables, mais certainement pas inacceptables par rapport aux niveaux du bruit ambiant existant résultant des activités résidentielles, du trafic routier, du trafic ferroviaire, des nuisances sonores industrielles, etc. Il est conseillé de prendre des mesures supplémentaires pour les niveaux de bruit de certains travaux dont on s'attend à ce qu'ils dépassent 60 dB(A).

Sur la base des dispositions du décret néerlandais sur la construction de 2012, on peut affirmer que la valeur guide de 60 dB(A) est déjà respectée à une distance inférieure à 200 m de la limite de la parcelle de la CND. Cela signifie que l'on est en conformité par rapport aux habitations pour lesquelles la valeur guide a été déterminée, étant donné que toutes les habitations sont situées à une distance de plus de 200 m de la limite de la parcelle.

2.3.3.3 Phase d'exploitation dans la situation future (2020-2025)

2.3.3.3.1 Description de l'émission sonore

2.3.3.3.2 Sources continues

La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2020-2025 est conforme à la situation 2013-2014. Les émissions sonores ne changent pas.

2.3.3.3.3 Sources discontinues

La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2020-2025 est conforme à la situation 2015-2019. Les émissions sonores ne changent pas.

2.3.3.3.4 Calcul de la transmission acoustique

2.3.3.3.5 Sources continues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2020-2025 est conforme à la situation 2013-2014, il est fait référence, pour les incidences sonores, à la situation 2013-2014.

2.3.3.3.6 Sources discontinues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2020-2025 est conforme à la situation 2015-2019, il est fait référence, pour les incidences sonores, à la situation 2015-2019.

2.3.3.4 Phase d'exploitation lors de la mise à l'arrêt définitif (2025-2029)

2.3.3.4.1 Description de l'émission sonore

2.3.3.4.2 Sources continues

La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2025-2029 est conforme à la situation 2013-2014. Les émissions sonores ne changent pas.

2.3.3.4.3 Sources discontinues

La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2025-2029 est conforme à la situation 2015-2019. Les émissions sonores ne changent pas.

2.3.3.4.4 Calcul de la transmission acoustique

2.3.3.4.5 Sources continues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2025-2029 est conforme à la situation 2013-2014, il est fait référence, pour les incidences sonores, à la situation 2013-2014.

2.3.3.4.6 Sources discontinues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation 2025-2029 est conforme à la situation 2015-2019, il est fait référence, pour les incidences sonores, à la situation 2015-2019.

2.3.3.5 Phase d'exploitation dans l'option zéro

2.3.3.5.1 Description de l'émission sonore

Les tableaux ci-dessous fournissent un aperçu des puissances sonores LwA des sources continues et discontinues considérées. Pour la description de l'option zéro, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. paragraphe 1.7).

2.3.3.5.2 Sources continues

Tableau 2-30 : Puissances sonores considérées des sources continues

Group e de sourc e	Description	Puissances sonores considérées en dB(A) re 1 pW
		Option zéro
1	Doel 1 – Transformateurs	102,6
2	Doel 1 – Ventilation bâtiment du réacteur	102,3
3	Doel 2 – Transformateurs	102,6
4	Doel 2 – Ventilation bâtiment du réacteur	102,3
5	Doel 1&2 – Tours de refroidissement auxiliaires	107,0
6	Doel 1&2 – Salle des machines	Hors service
7	Doel 1&2 – Prise d'eau	Hors service
8	Doel 1&2 – Ventilation GNH	Hors service
9	Doel 3 – Transformateurs principaux	98,9
10	Doel 3 – Transformateurs auxiliaires à hauteur de MAZ	92,0
11	Doel 3 – Transformateurs auxiliaires entre MAZ et CGB	87,4
12	Doel 3 – Tour de refroidissement auxiliaire – ventilateur à haute vitesse	111,7
13	Doel 3 – Compresseur de réfrigération de type Yoric	100,8
14	Doel 3 – Salle des machines – fenêtres et grilles d'aération	103,2
15	Doel 3 – Ventilation BKR côté nord	103,7
16	Doel 3 – Ventilation BKR côté sud	103,7
16a	Doel 3 – Ventilation GEH	96,0
17	Doel 4 – Transformateurs principaux	98,9
18	Doel 4 – Transformateurs auxiliaires à hauteur de MAZ	92,0
19	Doel 4 – Transformateurs auxiliaires entre MAZ et CGB	87,4
20	Doel 4 – Tour de refroidissement auxiliaire – ventilateur à haute vitesse	111,7
21	Doel 4 – Compresseur de réfrigération de type Carrie	99,2

Group e de sourc e	Description	Puissances sonores considérées en dB(A) re 1 pW
		Option zéro
22	Doel 4 – Salle des machines – fenêtres et grilles d'aération	102,8
23	Doel 4 – Grilles de ventilation sur le toit GEH	94,8
24	Doel 4 – Ventilation BKR côté nord	109,7
25	Doel 4 – Ventilation BKR côté sud	108,4
26	Doel 3&4 – Prise d'eau	95,5
27	Doel 1&4 – Tour de refroidissement	117,8
28	Doel 1&4 – Pompes de circulation	109,3
29	Doel 1&4 – Pompes de recharge	103,3
30	Doel 2&3 – Tour de refroidissement	117,8
31	Doel 2&3 – Pompes de circulation	103,2
32	Doel 2&3 – Pompes de recharge	98,4
33	WAB – Tours de refroidissement auxiliaires	107,0
LWA TOTALE INSTALLÉE sur le site de la CND		123,2

La puissance sonore totale des sources continues de la CND est donc de 123,2 dB(A). Sur ce total, 55 % sont imputables aux deux tours de refroidissement qui, ensemble, ont une puissance sonore de 120,8 dB(A). Les refroidisseurs auxiliaires représentent 20 % supplémentaires. Le rayonnement des murs des salles des machines et la ventilation des bunkers et des bâtiments des réacteurs fournissent 15 % de la puissance totale. Il s'agit d'une diminution négligeable (-0,2 dB(A)) de la puissance sonore totale par rapport à la situation 2013-2014.

2.3.3.5.3 Sources discontinues

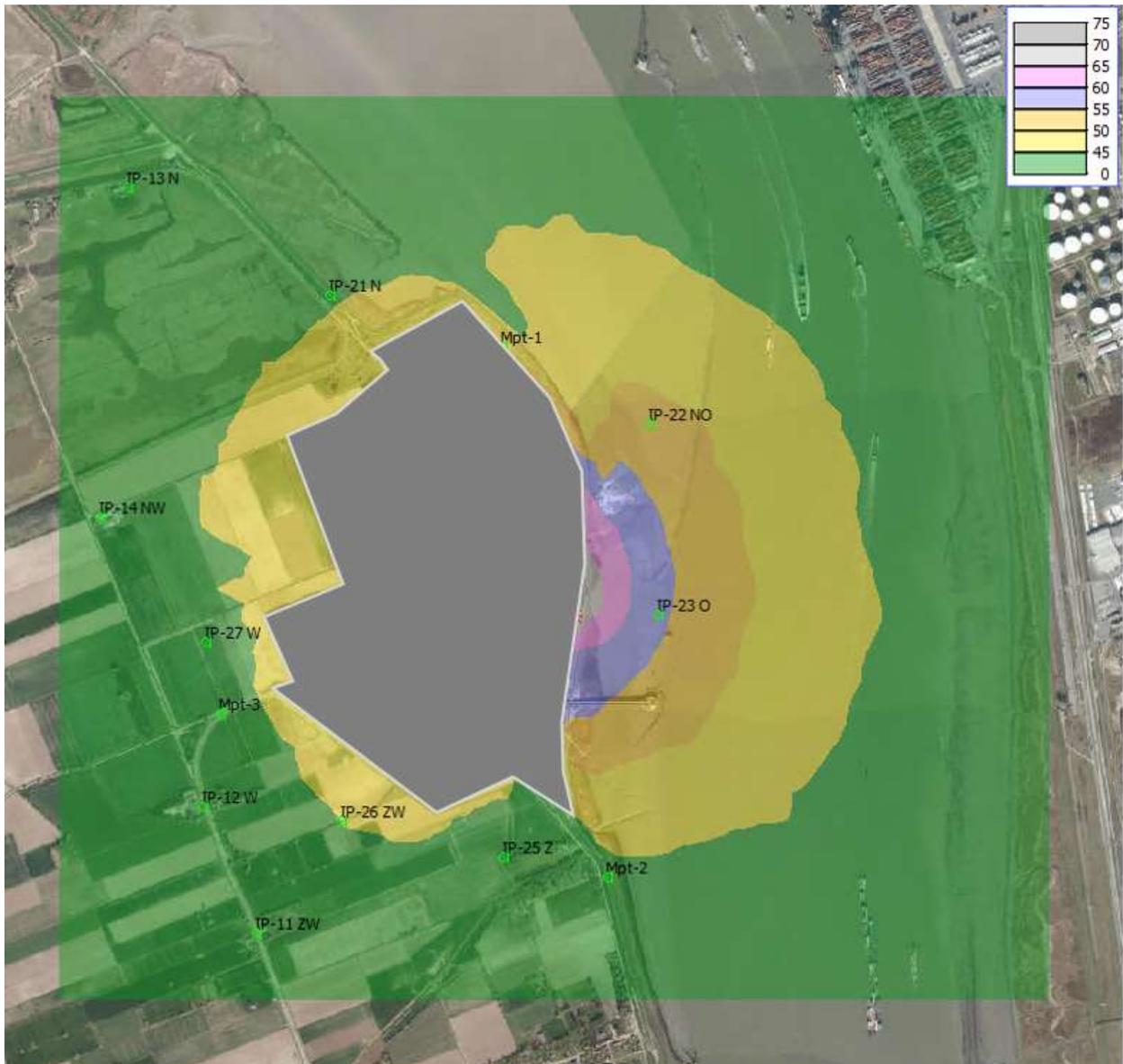
La situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation « option zéro » est conforme à la situation 2015-2019.

Cependant, pour la période 2019-2025, seules les installations de secours de Doel 3 et 4 seront encore testées. La puissance sonore totale des sources continues de la CND s'élève donc à 128,3 dB(A), soit une diminution sonore de seulement 0,5 dB(A) par rapport à la situation avant 2019.

2.3.3.5.4 Calcul de la transmission acoustique

2.3.3.5.5 Sources continues

L'extension sonore calculée sur l'environnement est présentée au moyen de contours de bruit colorés (carte sonore). Un contour de bruit est formé en reliant entre eux des points de grille de même niveau de pression sonore. Sur la carte des contours de bruit, les zones ayant la même charge sonore (classe de charge sonore) sont représentées dans la même couleur, de sorte qu'on obtient un aperçu visuel clair de la propagation des nuisances sonores. La zone critique, c'est-à-dire la zone dans laquelle le niveau de pression sonore dépasse une certaine valeur de nuisance (c'est-à-dire la valeur guide applicable du VLAREM II), peut être clairement identifiée. La carte des contours de bruit donne un aperçu du mode de propagation et de l'étendue des nuisances sonores.



La figure ci-dessus montre la carte sonore calculée sur la base des puissances sonores des sources continues de la CND. Les contours de bruit sont indiqués à partir de 45 dB(A) avec un incrément de 5 dB(A) jusqu'à la valeur du contour de bruit de 75 dB(A).

La figure montre que les nuisances sonores spécifiques des sources continues à 200 m de la limite du site du côté est, c'est-à-dire dans la zone naturelle le long de l'Escaut, sont les plus élevées et varient de 45 à 60 dB(A). Du sud au nord en passant par l'ouest, les Lsp des sources continues varient largement en dessous de 45 dB(A) et sont donc conformes à la valeur guide. Plus au nord-est, les nuisances sonores spécifiques remontent à 50 dB(A) et plus.

Par rapport à la carte sonore 2013-2014, on constate un net rétrécissement du contour de bruit dans la zone sud-est.

En outre, les nuisances sonores spécifiques de la CND ont été calculées en valeur absolue pour les points de référence mentionnés ci-dessus (y compris les points d'évaluation et les points de mesure).

Tableau 2-31 : Nuisances sonores spécifiques aux points de référence par rapport à la valeur guide du VLAREM II

Situation « option zéro »	Lsp	Dépassement de la valeur guide du VLAREM II (dB(A))		
		J:50	S:45	N:45
IP-11 SO_A	40.5	-	-	-
IP-12 O_A	41.2	-	-	-
IP-13 N_A	38.2	-	-	-
IP-14 NO_A	41.2	-	-	-
IP-21 N_A	44.6			
IP-22 NE_A	51.7	1.7	6.7	6.7
IP-23 E_A	56.3	6.3	11.3	11.3
IP-25 S_A	42.7			
IP-26 SO_A	45.1			
IP-27 O_A	43.2			
Ptm-1_A	48.7			
Ptm-2_A	42.4			
Ptm-3_A	43.4			

L _{sp} < VG
VG < L _{sp} < VG + 10
L _{sp} > VG + 10

Les calculs montrent **qu'en soirée et pendant la nuit**, les nuisances sonores spécifiques de la CND dépassent la valeur guide à hauteur des points de référence IP-22 NE et IP-23 E. Ce dépassement à hauteur du point IP-23 E, c'est-à-dire à 200 m à l'est de la limite du site, est supérieur à 10 dB(A), ce qui signifie en soi que l'exploitant doit établir un plan d'assainissement de sa propre initiative. Cette même évaluation avait déjà été obtenue pour la situation 2013-2014. La mise hors service des sources de nuisances sonores de l'entrepôt MAZ-12, des sources aux alentours de la prise d'eau et de la ventilation de GNH-12, n'entraîne qu'une réduction sonore négligeable de 0,3 dB(A) pour le point de référence IP-23 E. Le résultat de l'évaluation reste ainsi conforme à la situation 2013-2014.

Incidence sur le bruit ambiant

En plus du test ci-dessus des nuisances sonores spécifiques calculées par rapport à la valeur guide applicable du VLAREM II, l'impact attendu des nuisances sonores spécifiques sur le bruit ambiant est également pris en compte lors de la détermination du score d'incidence dans le cadre de pertinence.

Sur la base du bruit ambiant initial estimé, il est ensuite possible de définir les niveaux de pertinence à hauteur des différents points de référence selon le cadre de pertinence, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-32 : Niveaux de pertinence des nuisances sonores dans l'option zéro

Situation « option zéro »

Nom	Lsp	BAI	TOT = Lsp+BAI	Δ TOT- BAI	Score intermédiaire	Dépassement Lsp vs VG	Score final
IP-11 SO_A	40.5	45.6	46.8	1.2	-1	-4.5	-1
IP-12 O_A	41.2	45.6	46.9	1.3	-1	-3.8	-1
IP-13 N_A	38.2	45.6	46.3	0.7	0	-6.8	0
IP-14 NO_A	41.2	45.6	46.9	1.3	-1	-3.8	-1
IP-21 N_A	44.6	45.6	48.1	2.5	-1	-0.4	-1
IP-22 NE_A	51.7	45.6	52.7	7.1	-3	6.7	-2
IP-23 E_A	56.3	45.6	56.7	11.1	-3	11.3	-3
IP-25 S_A	42.7	45.6	47.4	1.8	-1	-2.3	-1
IP-26 SO_A	45.1	45.6	48.4	2.8	-1	0.1	-1
IP-27 O_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-1.8	-1
Ptm-1_A	48.7	45.6	50.4	4.8	-2	3.7	-2
Ptm-2_A	42.4	45.6	47.3	1.7	-1	-2.6	-1
Ptm-3_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1

2.3.3.5.6 Sources discontinues

Dans la mesure où la situation relative aux émissions sonores pour la phase d'exploitation « option zéro » est conforme à la situation 2015-2019, il est fait référence, pour les « nuisances sonores spécifiques pondérées dans le temps » des sources discontinues, à la situation 2015-2019.

Comme c'était le cas pour les sources continues, l'incidence sur le bruit ambiant et le niveau de pertinence à hauteur des différents points de référence pour les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » peut être déterminée pour la combinaison des sources continues et discontinues.

Tableau 2-33 : Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans l'option zéro

Situation « option zéro »

Nom	Sources continues + discontinues Lsp	BAI	TOT = Lsp+BAI	Δ TOT- BAI	Score intermédiaire	Dépassement Lsp vs VG	Score final
IP-11 SO_A	40.6	45.6	46.8	1.2	-1	-9.4	-1
IP-12 O_A	41.3	45.6	47	1.4	-1	-8.7	-1
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0
IP-14 NO_A	41.7	45.6	47.1	1.5	-1	-8.3	-1
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1

IP-22 NE_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2
IP-23 E_A	56.3	45.6	56.7	11.1	-3	6.3	-2
IP-25 S_A	42.8	45.6	47.4	1.8	-1	-7.2	-1
IP-26 SO_A	45.2	45.6	48.4	2.8	-1	-4.8	-1
IP-27 O_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1
Ptm-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1
Ptm-2_A	42.5	45.6	47.3	1.7	-1	-7.5	-1
Ptm-3_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1

En ce qui concerne les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées » des sources continues et discontinues prises ensemble, on trouve un niveau de pertinence (score final) de 0 ou -1 « en journée » à hauteur des habitations les plus proches (IP-1x) autour de la CND, ce qui signifie que la CND y a une incidence négligeable à « négativement limitée ». Il convient de noter ici que ces points ne sont pas à proprement parler des points d'évaluation du VLAREM II, étant donné que la distance entre les habitations et la limite de la parcelle est supérieure à 200 m.

Aux points d'évaluation du VLAREM II (IP-2x), un niveau de pertinence de -1 est obtenu pour les zones nord, sud et ouest. Dans les zones est et nord-est, on obtient un niveau de pertinence de -2 (= incidence « négative »), dans la zone naturelle située le long de l'Escaut.

Cette situation d'évaluation ne survient pas en période nocturne, à condition que les sources discontinues soient uniquement testées en période diurne.

L'évaluation des incidences reste ainsi identique à la situation 2013-2014.

2.3.3.6 Incidences transfrontalières

L'habitation la plus proche sur le territoire néerlandais se trouve à 3,5 à 4 km de la CND. En extrapolant les nuisances sonores spécifiques calculées au Ptm-3 (habitation à 1350 m au nord de la CND) aux habitations néerlandaises, on obtient des nuisances sonores spécifiques de maximum 30 dB(A) pendant la nuit pour la contribution sonore des sources continues de la CND. Les « nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps » des sources continues et discontinues s'élèvent également à maximum 30 dB(A), puisque la contribution des sources discontinues est bien inférieure à la contribution des sources continues.

On peut dès lors supposer que la CND aura une incidence négligeable ou tout au plus mineure sur le bruit ambiant au niveau des habitations considérées aux Pays-Bas.

2.3.4 Suivi

Les différentes phases d'exploitation ne montrent pas d'écart significatif par rapport à la situation de départ 2013-2014, que ce soit en termes d'évaluation négative ou positive.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer un suivi supplémentaire pour souligner les incidences négatives significatives pour les prochaines phases d'exploitation, mais il peut être utile de faire le point sur l'évolution de l'incidence sonore sur l'environnement au moyen de mesures des nuisances sonores. Sur la

base des résultats obtenus, il sera alors possible de décider quelles actions et/ou études supplémentaires sont nécessaires pour pouvoir maîtriser l'incidence sonore au cours des prochaines phases d'exploitation et de démantèlement.

2.3.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Les différentes phases d'exploitation ne montrent pas d'écart significatif par rapport à la situation de départ 2013-2014, que ce soit en termes d'évaluation négative ou positive.

Des mesures d'atténuation supplémentaires ne seront donc pas formulées pour les prochaines phases d'exploitation.

2.3.6 Lacunes de connaissances

Sur la base des connaissances tirées d'études actuelles et antérieures (mesures et calculs), il n'y a pas de lacunes de connaissances de nature à avoir une incidence significative sur l'évaluation.

2.3.7 Conclusions

D'un point de vue général, on peut dire qu'aucune incidence sonore distinctive n'est attendue pour les différentes phases d'exploitation par rapport à la situation de départ 2013-2014. Les écarts dans les points d'évaluation se limitent à moins de 0,5 dB(A) pour toutes les phases d'exploitation par rapport à la situation 2013-2014. Cela signifie que les incidences sonores et l'évaluation sonore à déterminer pour la situation 2013-2014 seront conservées pour les années à venir.

Les nuisances sonores spécifiques des sources continues de la CND aux points d'évaluation ouest, sud et nord (= directions où l'on trouve encore des habitations) sont considérées comme « négativement limitées ». En outre, à ces points d'évaluation (à 200 m de la limite de la parcelle), les nuisances sonores spécifiques respectent la valeur guide applicable pendant la journée, la soirée et la nuit.

Bien que les habitations proches n'appartiennent pas aux points d'évaluation (en raison de leur éloignement de plus de 200 m par rapport à la limite de la parcelle), on obtient, à cet endroit, une augmentation limitée des nuisances sonores allant jusqu'à un maximum de 1,5 dB(A) par rapport au bruit ambiant initial, ce qui permet de considérer l'incidence sonore maximale comme « peu significative ».

À l'est, on obtient une incidence « négative » pour le point d'évaluation situé dans la zone naturelle le long de l'Escaut et déterminé principalement par la contribution sonore des tours de refroidissement.

Une étude d'assainissement avait déjà été réalisée en 2010 par rapport à l'incidence sonore résultant des tours de refroidissement. Dans une étude réalisée par Technum (Studie geluidsanering koeltorens ; 090-390-0225 14/06/2012), les chutes d'eau avaient été identifiées comme la cause de l'émission sonore. En outre, un certain nombre de mesures potentielles ont été proposées pour réduire la contribution sonore sur l'environnement :

Mesures à la source :

- réduire la hauteur de chute ;
- tapis flottants insonorisants.

Mesures visant à limiter la transmission :

- dispositifs insonorisants autour des tours de refroidissement ;
- écrans antibruit le long des tours de refroidissement.

La faisabilité des mesures d'assainissement a été étudiée par le constructeur Hamon Thermal Europe et le bureau d'études Tractebel. D'un point de vue économique et sécuritaire, l'ajustement de la tour de refroidissement ne se justifie pas. Ces conclusions ont été présentées au comité de suivi, qui a accepté les études et les décisions.

L'incidence transfrontalière sur les habitations aux Pays-Bas devrait être limitée à un maximum de 30 dB(A) pour les nuisances sonores spécifiques provenant des sources sonores continues de la CND. On peut dès lors supposer que la CND ne provoquera pas d'augmentation du bruit ambiant au niveau des habitations considérées aux Pays-Bas.

2.4 Air et climat

Annexe A – Carte 26 : Carte différentielle NO₂ LTO

Annexe A – Carte 27 : Carte différentielle NO₂ no LTO

2.4.1 Méthodologie

2.4.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude pour la discipline Air et climat comprend la zone dans laquelle les émissions atmosphériques ont une influence démontrable sur la qualité de l'air. Bien que les polluants atmosphériques puissent se propager sur de très longues distances, la taille du domaine d'étude est en premier lieu limitée à l'environnement immédiat de la CND (rayon de 1 km). En raison de l'emplacement spécifique des stations de mesure, la qualité de l'air dans le domaine d'étude sera cependant décrite sur la base des données qui sont (ou peuvent être) collectées en dehors du domaine d'étude.

2.4.1.2 Description de la situation de départ

La qualité de l'air en 2014 (et le cas échéant en 2013) est décrite sur la base des cartes d'interpolation de la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE). Doel 1 et 2 (ainsi que Doel 4) étaient opérationnelles cette année-là.

Les valeurs d'immission dans la situation de départ sont évaluées par rapport aux normes de qualité environnementale définies dans le VLAREM II. En ce qui concerne les émissions de la CND (cf. paragraphe 2.3.4.1.3), les polluants CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ et PM_{2,5} sont pertinents. Pour les PM_{2,5}, la valeur

limite indicative de 20 µg/m³ qui devrait prendre effet à partir de 2020 sera prise pour référence (y compris pour la situation en 2014).

Un modèle tenant uniquement compte des émissions liées à l'exploitation de Doel 3, 4 et WAB sera également élaboré (cf. aussi paragraphe 2.3.4.1.3).

2.4.1.3 Description et évaluation des incidences

Lors de la phase de construction, on peut s'attendre aux émissions suivantes pour la discipline Air :

- émissions des engins de chantier ;
- émissions du trafic de chantier (camions, camionnettes).

Ces engins fonctionnent en principe au diesel et produisent donc principalement du CO, du CO₂, des SO_x, des NO_x et des particules fines. Dans le cadre de l'EIE, on évaluera dans quelle mesure cela peut entraîner des incidences pertinentes.

Dans la phase d'exploitation, la CND ne comporte qu'un seul type d'émission classique avec un débit massique pertinent, à savoir les émissions captées à la source provenant des différentes installations de combustion présentes sur le site. Les émissions qui y sont liées seront inventoriées en tenant compte de leurs caractéristiques spécifiques. Étant donné qu'il est question de combustion de gasoil (diesel), les principales substances émises sont le CO₂, les NO_x, les SO_x, le CO et les particules fines. Les données de suivi peuvent être utilisées pour l'inventaire des émissions. Les données d'émissions sont inventoriées pour la situation LTO et pour l'option zéro.

Des émissions (diffuses) potentielles peuvent, par ailleurs, provenir du stockage de divers produits sur le site industriel de la CND. Il est ici principalement question d'ammoniac et d'hydrazine. Ces deux produits sont présents sous forme aqueuse et sont ajoutés aux différents flux d'eau pour maintenir le pH dans des conditions optimales et pour maintenir la concentration en oxygène à un niveau faible. Des émissions potentielles seront principalement attendues pour l'ammoniac, compte tenu de la pression de vapeur élevée de ce produit, y compris sous forme aqueuse. La volatilité de l'hydrazine dans l'eau est très limitée, de sorte que des émissions pertinentes sont à exclure. Le stockage est, en outre, effectué sous forme diluée afin de minimiser les pertes par respiration. De plus, des mesures ont été prises pour empêcher une éventuelle dispersion via l'air (p. ex. gardes hydrauliques et filtres à charbon actif). Les deux substances sont également totalement solubles dans l'eau. La CND a mis en place différentes procédures concernant la manipulation et le stockage de ces produits. Pour cette raison, aucune émission pertinente d'ammoniac ou d'hydrazine dans l'environnement n'est à prévoir. L'impact des émissions d'ammoniac ou d'hydrazine n'est donc pas examiné plus en détail dans l'EIE.

Les émissions (captées à la source) de la CND seront inventoriées et quantifiées. Les sources d'émission sont, dans la mesure du possible, identifiées et décrites en fonction de leur position, de leur débit massique et de la nature des polluants.

Les émissions exceptionnelles ou incidentelles ne sont pas prises en compte. Les émissions relatives au transport, qui sont principalement liées aux moteurs à combustion, sont jugées non pertinentes par rapport à l'ensemble des émissions et ne seront donc pas traitées plus en détail. Sur la base d'une présence

quotidienne d'environ 1 300 véhicules et des données issues de la discipline Mobilité¹⁰, la part de Doel 1 et Doel 2 dans le volume total du trafic généré par la centrale nucléaire est estimée à 364 mouvements de véhicule par jour. Au vu de l'emplacement de la N451/Oostlangeweg en terrain découvert, l'impact du trafic sur les concentrations de polluants locaux est jugé négligeable.

L'émission d'un panache de vapeur des tours de refroidissement et les précipitations de sel y afférentes dans la zone environnante sont examinées séparément, car il s'agit d'une problématique très spécifique, distincte des émissions classiques. Pour la quantification des émissions et précipitations de sel, les études existantes suivantes sont utilisées :

- Gassman, F., Tinguely, M. & Haschke, D. EIR-Bericht nr. 475, 1982. Calculs de panaches de tours de refroidissement pour des situations de haute pression hivernales.
- Méry, P. Aménagement et Nature no 94, Association pour les espaces naturels, Paris, France, 1989. Impact de la réfrigération atmosphérique.
- International Atomic Energy Agency, 1974. Technical Reports Series no 155. Thermal discharges at nuclear power stations. Their management and environmental impacts.
- Argonne National Laboratory, Environmental Science Division, 2014. Saline Water for Power Plant Cooling: Challenges and Opportunities.
- Lauver, T.L., Curtis C.R., Patterson, G.W. & Douglass, L.W., 1978. Effects of saline cooling tower drift on seasonal variations of sodium and chlorine concentrations in native perennial vegetation.

L'influence possible de ce panache de vapeur sur le microclimat est également examinée d'un point de vue qualitatif.

Les flux d'émissions atmosphériques identifiés sont évalués et confrontés aux réglementations en vigueur (le cas échéant). En l'absence de réglementation régionale applicable, une évaluation est effectuée par rapport aux références internationales.

En résumé, on peut s'attendre aux incidences suivantes lors de la phase d'exploitation :

- pollution atmosphérique : résultant des émissions de NO_x, SO_x, CO, HAP et particules fines provenant des installations de combustion ;
- dépôts acidifiants et eutrophisants : résultant des émissions de NO_x et SO_x provenant des installations de combustion ;
- précipitations de sel : résultant de l'émission du panache de vapeur provenant des tours de refroidissement ;
- impact sur le climat résultant des émissions de CO₂ (provenant des installations de combustion) et d'hydrocarbures fluorés (provenant des émissions de réfrigérants des groupes de refroidissement).

L'EIE évalue si une modélisation de la dispersion est nécessaire ou non pour un polluant atmosphérique. L'évaluation réalisée s'appuie, entre autres, sur l'art. 4.1.8.1. du VLAREM II qui, en application du titre III du décret du 5 avril 1995 portant des dispositions générales en matière de politique environnementale, impose le rapport environnemental annuel à certaines organisations, sur la base de leur

¹⁰ 14 % du personnel (Engie et externes) sont liés à l'exploitation de Doel 1 et 2. Si l'on tient compte d'une présence quotidienne de 1 300 véhicules (ou 2 600 mouvements de véhicule), cela correspond à une part de $2600 * 14 \% = 364$ mouvements de véhicules par jour.

classification selon le VLAREM et sur la base de valeurs limites pour les substances polluantes concernées. La liste des substances et des valeurs limites pertinentes figure dans le sous-formulaire « émission atmosphérique » du rapport annuel environnemental intégral (IMJV).

Les circonstances suivantes sont également prises en considération :

- le débit massique du polluant et sa propagation (cf. hauteur des cheminées) ;
- l'effet potentiellement nocif (caractéristiques des polluants liées à leur propagation) ;
- les autres sources environnantes ;
- les concentrations de fond « naturelles » ;
- la présence/absence de riverains ;
- l'expérience de l'expert dans d'autres projets similaires.

Pour les paramètres émis, on examinera dans quelle mesure on peut s'attendre à un impact pertinent, et par conséquent, si une modélisation de la dispersion est nécessaire. Cet examen s'appuiera sur l'évaluation mentionnée ci-dessus.

En fonction de l'évaluation ci-dessus, la propagation des paramètres pertinents sera ensuite inventoriée au moyen du modèle IMPACT. Les concentrations d'immission ainsi calculées sont ensuite clarifiées et visualisées à l'aide de cartes. Pour les dépôts acidifiants et eutrophisants, une modélisation de la dispersion est prévue dans tous les cas, en raison de la proximité avec des zones naturelles.

Pour les polluants qui font l'objet d'une modélisation de la dispersion, la modélisation sera à la fois effectuée pour la situation de référence (uniquement les émissions liées à Doel 3, Doel 4 et WAB) et pour la situation planifiée (émissions de la situation de référence + émissions liées à Doel 1 et 2). L'impact du projet (LTO) pourra alors être décrit et évalué sur la base de la différence calculée de la contribution à l'immission dans les deux situations.

L'impact sur l'environnement des polluants pertinents ayant fait l'objet de calculs de propagation sera classé par ordre d'importance, en fonction de la contribution à l'immission calculée.

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour :

- la pollution atmosphérique résultant des émissions de NO_x, SO_x, CO, HAP et particules fines (sur la base des contributions à l'immission modélisées, en ce qui concerne les paramètres pertinents) :
 - contribution moyenne à l'immission :
 - considérablement négative : la contribution à l'immission est supérieure à 10 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
 - négative : la contribution à l'immission est supérieure à 3 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
 - négativement limitée : la contribution à l'immission est supérieure à 1 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
 - négligeable : la contribution à l'immission est inférieure à 1 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
 - centiles et/ou circonstances ne pouvant être pleinement évalués à l'aide de moyennes :
 - considérablement négative : la contribution à l'immission est supérieure à 20 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,

- négative : la contribution à l'immission est supérieure à 5 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
- négativement limitée : la contribution à l'immission est supérieure à 1 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative,
- négligeable : la contribution à l'immission est inférieure à 1 % de la norme de qualité environnementale ou de la valeur indicative ;
- les dépôts acidifiants et eutrophisants : ceux-ci sont uniquement calculés dans la discipline Air ; l'évaluation est effectuée dans la discipline Biodiversité et dans le cadre de l'évaluation appropriée ;
- les précipitations de sel : évaluation de l'impact potentiel sur l'agriculture et sur la nature sur la base de la littérature disponible (impact sur l'agriculture dans le cadre de la discipline Sol, impact sur la nature dans le cadre de la discipline Biodiversité) ;
- l'impact sur le climat : il n'existe actuellement aucun cadre de référence généralement accepté pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre. Les émissions d'équivalence CO₂ calculées ne sont donc pas non plus évaluées.

2.4.2 Situation de départ

La description de la situation de départ couvre les installations existantes pour l'année de référence 2014. Afin d'estimer l'impact des conditions météorologiques, les données de plusieurs années (2009 à 2014) sont exposées, le cas échéant, pour la description de la qualité de l'air.

2.4.2.1 Qualité de l'air

Comme indiqué au paragraphe 5.1, les incidences de la situation planifiée doivent être évaluées par rapport à la situation de référence, à savoir la situation dans laquelle Doel 1 et 2 sont supposées ne pas être en fonctionnement. Pour la description de la qualité de l'air dans la situation de départ, on utilise les données de mesure des stations de mesure de la VMM. Ces données de mesure incluent donc déjà la contribution de Doel 1 et 2.

Afin d'estimer l'impact des conditions météorologiques, les données de trois années (2012, 2013 et 2014) sont exposées, le cas échéant. Les stations de mesure de la VMM suivantes sont situées à proximité de la CND :

Tableau 2-34 Aperçu des stations de mesure à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Distance et orientation par rapport à la CND (km)	SO ₂	NO _x	PM	BC	CO	HAP	BTEX
AB01	Anvers - Boudewijnsluis	Environ 6,3 SE			x	x			
AB02	Berendrecht - Antwerpse baan	Environ 4 NO			x				

Station de mesure	Nom	Distance et orientation par rapport à la CND (km)	SO ₂	NO _x	PM	BC	CO	HAP	BTEX
AL01	Anvers LO - Scheldeweg	Environ 12,3 SE		x	x	x			x
AL02	Doel - Engelsesteenweg	Environ 2,1 SO							
AL05	Kallo-sluis	Environ 6,3 S			x			x	
R830	Doel - Scheldemolenstraat	Environ 6,1 O	x	x					
R891	Anvers - Scheurweg	Environ 7 SE	x	x					
R892	Kallo-sluis	Environ 7 SO	x	x					
R893	Anvers - Ekerse dijk	Environ 4,5 SE	x	x					
R894	Anvers - Muisbroeklaan	Environ 3,5 S	x	x					
R897	Anvers - Scheldelaan	Environ 7,3 S	x	x					

Les valeurs réglementaires et consultatives pour la qualité de l'air figurent à l'Annexe 4.1.

2.4.2.1.1 Dioxyde de soufre

Lors de la période allant de 2012 à 2014 inclus, les moyennes annuelles de SO₂ à la station de mesure de Doel étaient comprises entre 2 µg/m³ en 4 µg/m³ (cf. Tableau 2-35).

Tableau 2-35 Concentrations de SO₂ (µg/m³) à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Moyenne annuelle (µg/m ³)			Valeurs journalières P99 (µg/m ³)			Valeurs horaires P99 (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
R830	Doel - Scheldemolenstraat	3	4	4	13	17	12	19	21	21
R891	Anvers - Scheurweg	6	5	5	39	13	22	63	38	35
R892	Kallo-sluis	4	5	4	18	13	17	35	39	33
R893	Anvers - Ekerse dijk	5	4	4	17	11	16	31	25	30

R894	Anvers - Muisbroeklaan	10	8	9	34	23	36	65	59	62
R897	Anvers - Scheldelaan	4	5	5	17	13	18	32	35	39

Tableau ??? nummer geven??

Station de mesure	Nom	Valeur journalière max. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Valeur horaire max. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
R830	Doel - Scheldemolenstraat	16	88	21	54	447	75
R891	Anvers - Scheurweg	56	35	55	166	116	262
R892	Kallo-sluis	21	37	29	159	175	193
R893	Anvers - Ekerse dijk	25	21	24	96	87	66
R894	Anvers - Muisbroeklaan	49	38	41	162	157	394
R897	Anvers - Scheldelaan	35	59	48	164	426	318
	Valeur limite selon la directive UE 2008/50/CE	125, max. 3 dépassements par an			350, max. 24 dépassements par an		

24 dépassements de la moyenne horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont autorisés sur base annuelle. En 2013, un seul dépassement a été enregistré aux stations de mesure R830 et R897, contre un seul dépassement à la station R894 en 2014. Cela signifie que la limite horaire n'a pas été dépassée. En 2012, 2013 et 2014, tous les sites de mesure en Flandre ont, par ailleurs, respecté la valeur limite horaire, la valeur limite journalière et le seuil d'alerte pour le SO_2 (cf. Annexe 6). On suppose donc que c'est le cas pour l'ensemble du domaine d'étude.

En raison de la densité de l'agglomération, de l'étendue du réseau routier et de la dispersion de l'industrie, il n'existe à proprement parler aucune zone en Flandre où le niveau critique de protection de la végétation s'applique. Il n'existe en effet aucune zone répondant aux critères d'implantation des stations de mesure imposés par la directive 2008/50/CE.

2.4.2.1.2 Oxydes d'azote

Lors des années 2012, 2013 et 2014, la concentration moyenne annuelle sur le site de mesure de Doel se situait entre 26 et $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite européenne de moins de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle a été largement respectée. Pour la station de mesure Muisbroeklaan, la moyenne annuelle se situait entre 40 et $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce site de mesure est situé dans une zone où un délai a été accordé pour atteindre la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les résultats de ces sites de mesure sont confrontés à une valeur limite annuelle de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jusqu'en 2014.

Tableau 2-36 Concentrations de NO₂ (µg/m³) à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Moyenne annuelle (µg/m ³)			Valeurs horaires P99 (µg/m ³)			Valeur horaire max. (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
AL01*	Anvers - Linkeroever	-	-	26	-	-	84	-	-	142
R830	Doel - Scheldemolenstraat	26	27	27	76	83	85	110	135	136
R891	Anvers - Scheurweg	38	37	36	88	95	88	167	196	199
R892	Kallo-sluis	33	38	34	80	91	94	124	132	135
R893	Anvers - Ekerse dijk	40	36	36	84	85	83	177	137	139
R894	Anvers - Muisbroeklaan	41	40	42	82	96	95	165	203	159
R897	Anvers - Scheldelaan	35	37	35	84	94	96	128	127	143
	Valeur limite selon la directive UE 2008/50/CE	40 µg/m³ **			-			200 µg/m³, max. 18 dépassements par an		

* Pour AL01, aucune mesure n'était disponible pour les NO_x en 2012 et les données étaient insuffisantes en 2013.

** La Commission européenne a accordé un report pour les zones Port d'Anvers et Agglomération d'Anvers. Les résultats ont donc été évalués par rapport à une valeur limite annuelle de 60 µg/m³ jusqu'en 2014.

18 dépassements de la moyenne horaire de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont autorisés sur base annuelle. En 2013, un seul dépassement a été enregistré à la station de mesure R894. Cela signifie que la limite horaire n'a pas été dépassée.

En raison de la densité de l'agglomération, de l'étendue du réseau routier et de la dispersion de l'industrie, il n'existe à proprement parler aucune zone en Flandre où le niveau critique de protection de la végétation s'applique. Il n'existe en effet aucune zone répondant aux critères d'implantation des stations de mesure imposés par la directive 2008/50/CE.

La Figure 2.34 montre une représentation spatiale de la moyenne annuelle de NO_2 en 2012. Cette carte de modélisation a été calculée à l'aide du modèle RIO-IFDM v5.1.0. Les moyennes annuelles de NO_2 sont nettement plus élevées à proximité du port d'Anvers et des autoroutes. La concentration moyenne annuelle à hauteur de la CND est de 26 à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Une légère amélioration de la qualité de l'air est à épingler en 2013 et 2014.

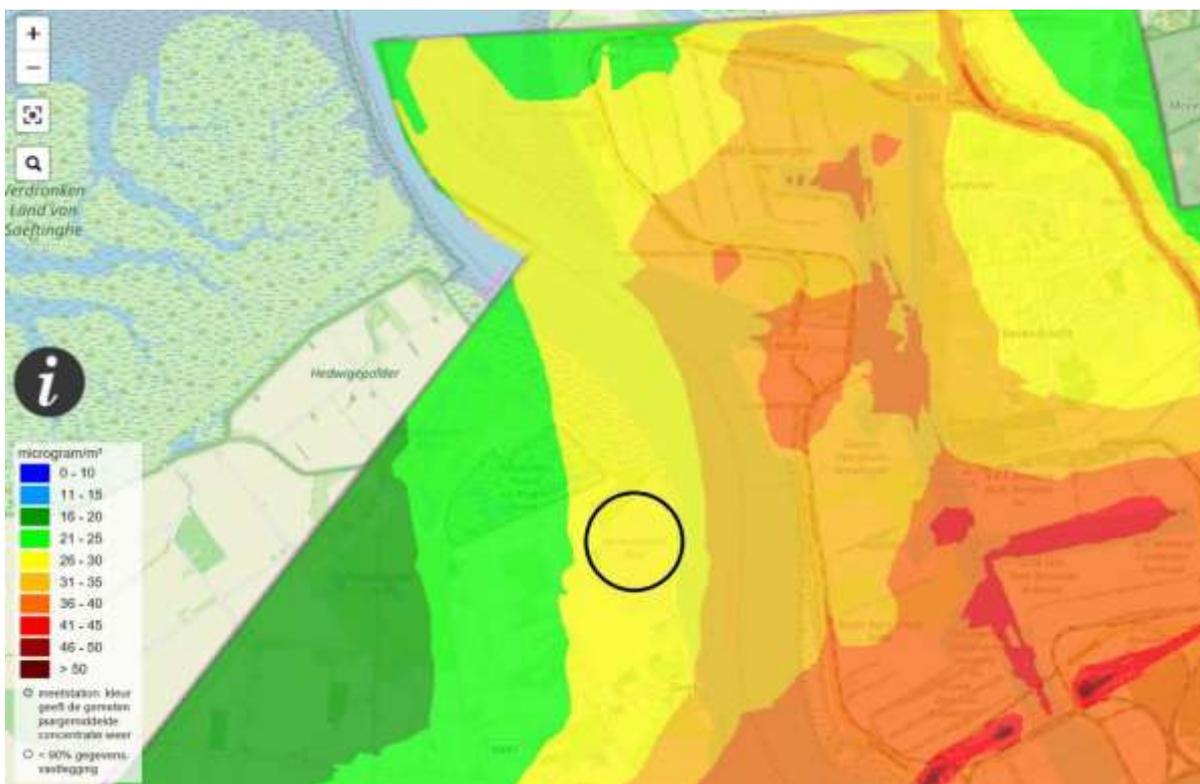


Figure 2.34 Moyenne annuelle de NO_2 interpolée en 2012 à proximité de la CND (cercle noir)

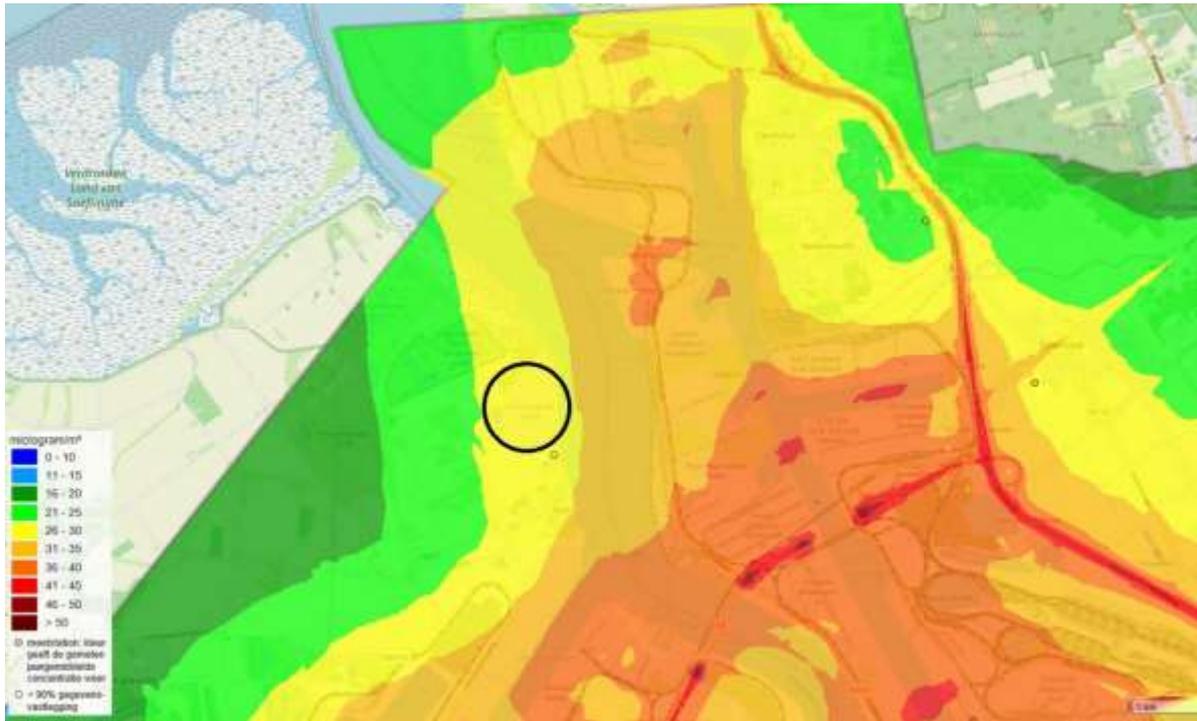


Figure 2.35 Moyenne annuelle de NO₂ interpolée en 2013 à proximité de la CND (cercle noir)



Figure 2.36 Moyenne annuelle de NO₂ interpolée en 2014 à proximité de la CND (cercle noir)

2.4.2.1.3 Particules fines

Le Tableau 2-37 présente les concentrations de PM₁₀ mesurées sur les sites de mesures à proximité de la CND.

Tableau 2-37 Concentrations de PM₁₀ à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Moyenne annuelle (µg/m ³)			Nombre de valeurs journalières > 50 µg/m ³		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Anvers - Boudewijnsluis	27	27	23	25	24	11
40 AB02	Berendrecht - Antwerpse baan	26	26	22	26	18	10
40 AL01	Anvers LO - Scheldeweg	24	25	22	22	18	11
40 AL02	Doel - Engelsesteenweg	25	26	25	26	19	16
40 AL05	Kallo-sluis	29	28	25	35	25	12
	Valeur limite selon la directive UE 2008/50/CE	40 µg/m³			35		

Tant la valeur limite journalière européenne que la valeur limite annuelle ont été atteintes sur les sites de mesures situés à proximité de la CND (au demeurant dans toute la Flandre).

La Figure 2.37 montre une estimation de la moyenne annuelle des PM₁₀ en 2014 dans le domaine d'étude. À hauteur de la CND, la concentration moyenne annuelle de PM₁₀ se situe entre 21 et 25 µg/m³. L'incertitude absolue pour la carte contextuelle RIO se situe entre 7,4 et 10,0 µg/m³. Les cartes de 2012 et 2013 montrent une image similaire (figures non incluses).

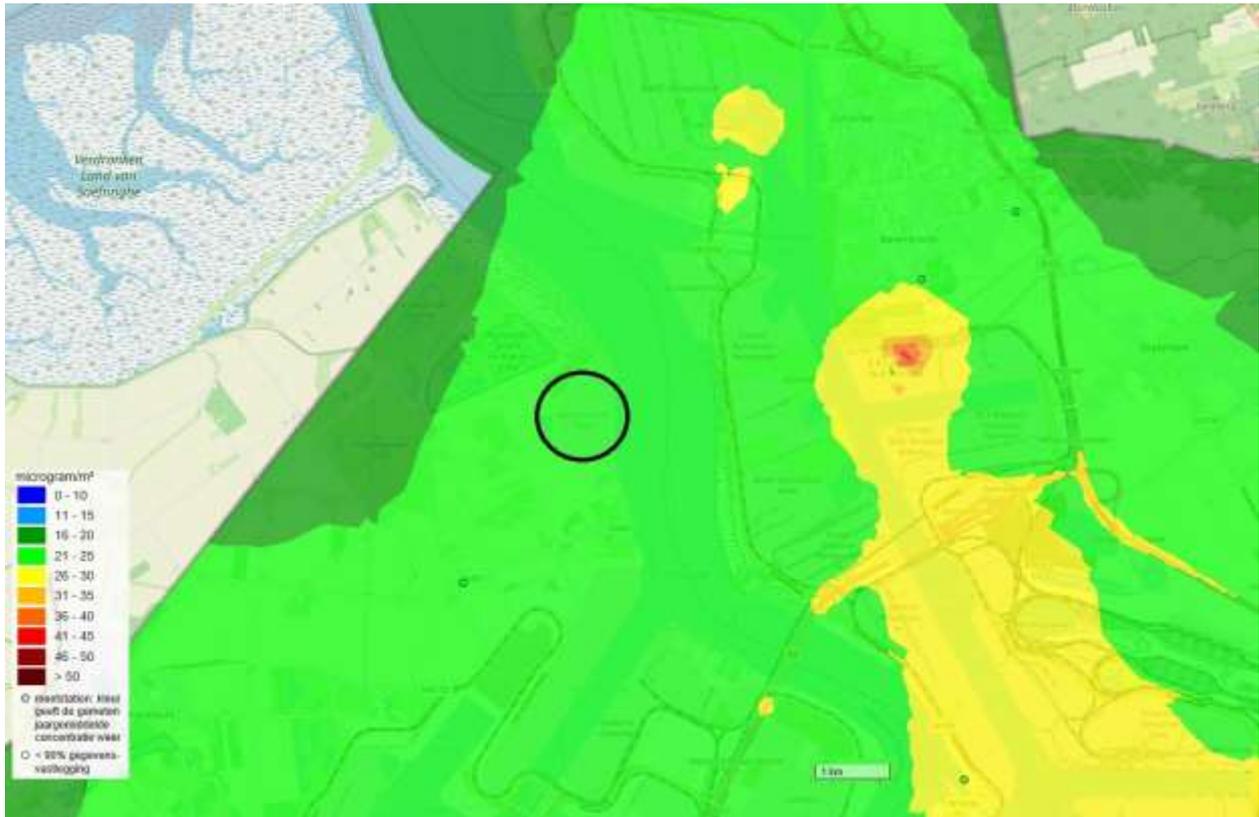


Figure 2.37 Modélisation des concentrations de PM₁₀ à proximité de la CND (cercle noir)

Tableau 2-38 Concentrations de PM_{2,5} à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Moyenne annuelle (µg/m ³)			Nombre de valeurs journalières > 25 µg/m ³		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Anvers - Boudewijnslui	-	-	-	-	-	-
40 AB02	Berendrecht - Antwerpse baan	-	-	-	-	-	-
40 AL01	Anvers LO - Scheldeweg	-	-	13	-	-	13
	Valeur limite selon la directive UE 2008/50/CE	25 µg/m³ à partir de 2015			-		

Les mesures de PM_{2,5} n'ont été effectuées que sur le site de mesure AL01 en 2014 pour les sites de mesure considérés et pour la période considérée (2012-2014). Le Tableau 2-38 montre que la valeur limite annuelle européenne de 25 µg/m³ pour les PM_{2,5} a été respectée (comme dans toute la Flandre). La valeur limite annuelle indicative inférieure de 20 µg/m³ applicable à partir de 2020 a également été respectée.

La Figure 2.38 montre une estimation des moyennes annuelles de PM_{2,5} en 2014. À hauteur de la CND, la concentration moyenne annuelle de PM₁₀ se situe entre 16 et 20 µg/m³. L'incertitude absolue pour la carte contextuelle RIO varie entre 2,8 et 3,4 µg/m³. Selon le modèle, l'ensemble de la Flandre respecte la limite annuelle européenne et aucun citoyen flamand n'a donc été exposé à des concentrations de PM_{2,5} supérieures à la valeur limite. Les cartes de 2012 et 2013 montrent une image similaire (figures non incluses).

Toutes les moyennes annuelles de PM_{2,5} étaient supérieures à 10 µg/m³ en 2014 et chaque site de mesure a enregistré plus de trois jours avec une concentration moyenne supérieure à 25 µg/m³. Les valeurs recommandées par l'OMS ont, par conséquent, été dépassées sur tous les sites de mesure (comme dans toute la Flandre).

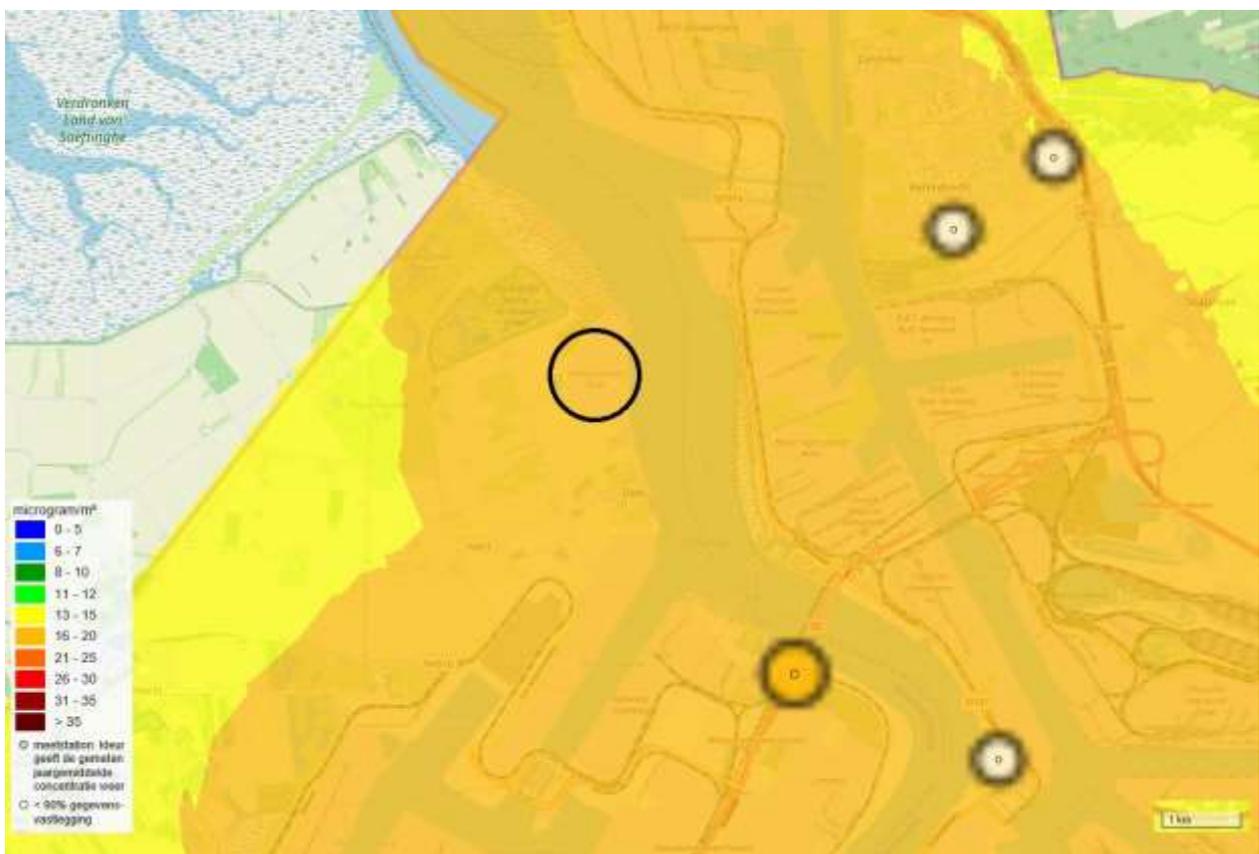


Figure 2.38 Modélisation des concentrations de PM_{2,5} à proximité de la CND (cercle noir)

Tableau 2-39 Concentrations de carbone noir à proximité de la CND

Station de mesure	Nom	Moyenne annuelle (µg/m ³)			Valeurs horaires P99 (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Anvers - Boudewijns-luis	1,7	1,7	1,6	7,6	7,7	6,7

40 AL01	Anvers LO - Scheldeweg	1,5	1,5	1,4	6,2	7,1	5,9
---------	------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La Figure 2.39 montre une estimation des moyennes annuelles de carbone noir en 2014 en Flandre. L'incertitude absolue pour la carte contextuelle RIO varie entre 0,68 et 0,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration à hauteur de la CND est estimée entre 1,26 et 1,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il n'existe actuellement aucune réglementation sur le carbone noir au niveau européen ou flamand.

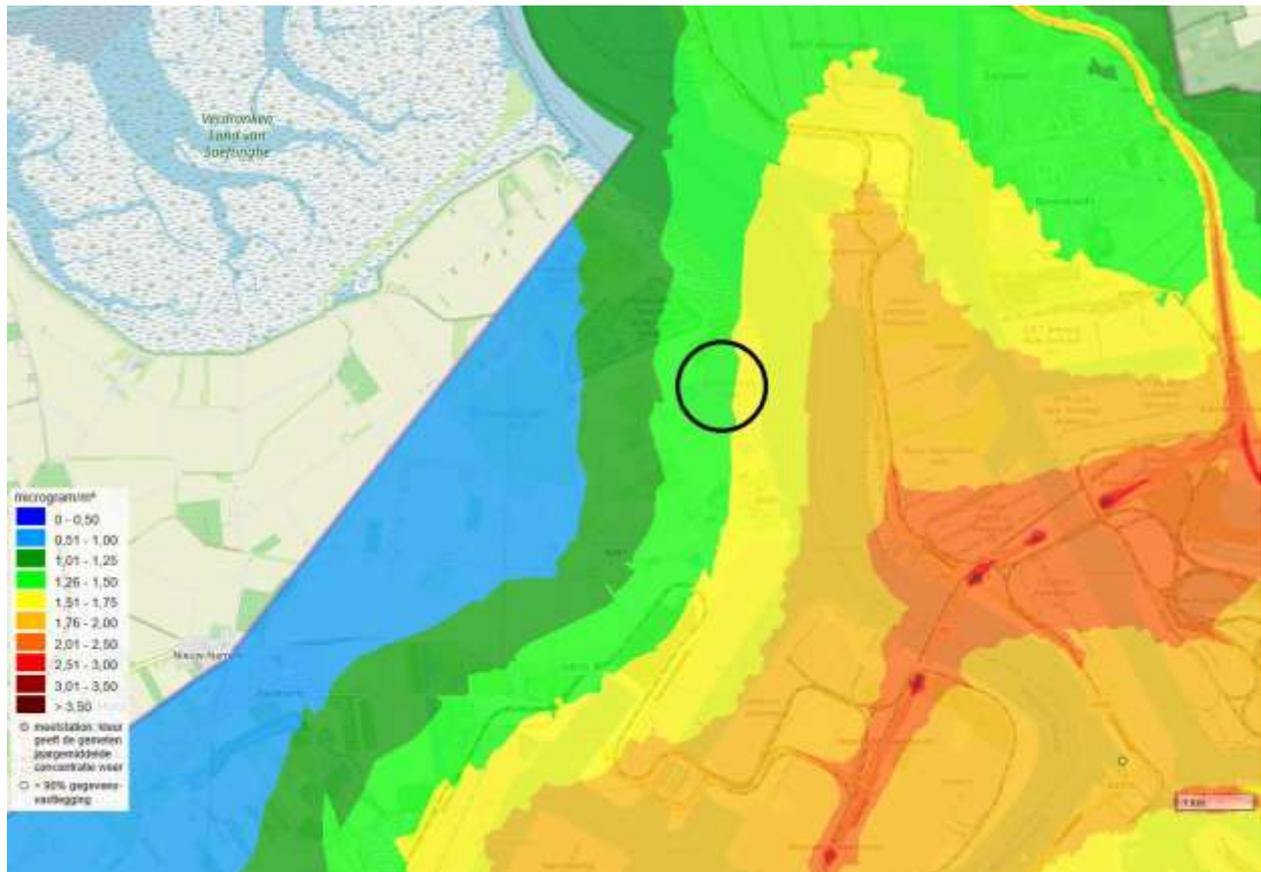


Figure 2.39 Modélisation des concentrations de carbone noir en 2014 à proximité de la CND (cercle noir)

2.4.2.1.4 CO

En 2012, 2013 et 2014, toutes les stations de mesures flamandes ont largement respecté la valeur limite européenne de 10 mg/m^3 pour le CO en guise de moyenne maximale de 8 heures par jour.

2.4.2.1.5 HAP

La 4^e directive européenne adoptée sur la base de la directive 2004/107/CE définit une valeur cible de 1 ng/m^3 comme moyenne annuelle pour le benzo(a)pyrène (B(a)P). Les États membres devaient atteindre cette valeur au plus tard le 31 décembre 2012.

En 2012, 2013 et 2014, la moyenne annuelle de benzo(a)pyrène était inférieure à la valeur cible sur tous les sites de mesure.

En 2014, la concentration moyenne de benzo(a)pyrène s'élevait à 0,14 ng/m³ à Berendrecht.

2.4.2.2 Identification et quantification des émissions captées à la source

2.4.2.2.1 Généralités

À la CND, les émissions captées à la source concernent les émissions qui proviennent de différentes installations de combustion : générateurs de vapeur auxiliaires, groupes de secours et installations de chauffage. L'emplacement de ces points d'émission est représenté à l'Annexe 4.1 de ce chapitre.

La vapeur auxiliaire est nécessaire au bon fonctionnement des unités. Dans des circonstances normales, la vapeur auxiliaire est fournie par les unités. Si cela n'est pas possible, deux générateurs de vapeur auxiliaires prennent en charge cette fonction. Afin de s'assurer de leur disponibilité, ces générateurs sont soumis à des tests réguliers. En 2014, ils n'ont été allumés que pour ces tests.

Des groupes de secours au gasoil garantissent l'alimentation électrique des installations de sécurité, de secours et auxiliaires dans le cas où l'alimentation en électricité extérieure n'est pas possible. Afin de s'assurer de leur bon fonctionnement, ces groupes sont soumis à des tests périodiques. Les groupes de secours (à l'exception du groupe de secours PKD-D3/ES-DG0004) ne sont pas équipés pour fournir de l'énergie électrique au réseau extérieur. En 2014, les groupes de secours n'ont été allumés que pour les tests.

Enfin, une installation de chauffage est présente dans l'entrepôt.

2.4.2.2.2 Valeurs limites d'émissions

La CND est autorisée à utiliser des installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale à l'entrée de plus de 50 MW (section 43.3.2°) et relève donc de l'application de l'IED (directive sur les émissions industrielles).

Le chapitre 3.12 du VLAREM III définit les conditions environnementales sectorielles pour les installations de combustion de grande ampleur. Les dispositions du présent chapitre ne s'appliquent pas aux unités dont la puissance thermique nominale à l'entrée est inférieure à 15 MW. Tous les moteurs au diesel ayant une capacité de moins de 15 MW, le chapitre 3.12 ne s'applique donc pas à ceux-ci.

Les générateurs de vapeur auxiliaires ont chacun une capacité d'environ 43 MW et sont donc soumis aux dispositions du chapitre. Les valeurs limites d'émission dans l'air ne s'appliquent néanmoins pas aux turbines et aux moteurs à usage d'urgence qui fonctionnent moins de 500 heures par an, si un tel usage d'urgence n'est pas compatible avec le respect des limites d'émission (auquel cas les techniques pertinentes pour l'installation énumérées dans les MTD s'appliquent).

Les générateurs de vapeur auxiliaires fonctionnent moins de 500 heures par an. Aucune valeur limite d'émission n'est fixée à la sous-section 3.12.4.1 (chaudières au fioul lourd ou au gasoil) pour les installations qui fonctionnent moins de 500 heures par an.

Il convient également de tenir compte du chapitre 5.43 du VLAREM II. Si les conditions sectorielles du VLAREM II régissent la même question, les conditions les plus strictes s'appliquent.

Comme indiqué ci-dessus, le chapitre 3.12 ne s'applique pas aux générateurs diesel. Les dispositions sectorielles du VLAREM II, chapitre 5.43, sont prises pour référence.

En vertu du VLAREM II, aucune valeur limite d'émission ne s'applique aux installations de combustion comptant moins de 100 heures de fonctionnement par année civile (art. 5.43.2.2), ce qui est le cas pour les générateurs de secours et les générateurs de vapeur de la CND. Il n'existe donc pas non plus d'obligation de mesure (art. 5.43.2.23).

Par conséquent, aucune mesure des émissions n'est disponible pour les générateurs de vapeur auxiliaires ou les générateurs diesel.

2.4.2.2.3 Facteurs d'émission

La CND n'est soumise à aucune obligation de mesure pour les émissions captées à la source susmentionnées. On peut donc s'attendre à ce que les émissions captées à la source résultant des activités de la CND décrites ci-dessus soient limitées.

L'absence d'une obligation de mesure implique cependant aussi une faible quantité de données disponibles sur les émissions. Afin de fournir un cadre, les émissions sont toutefois calculées sur la base de la consommation de carburant rapportée pour chacune des installations de combustion, à l'aide des facteurs d'émission.

Les facteurs d'émission utilisés sont basés sur l'année de construction¹¹ des installations.

Ces facteurs d'émission sont repris au Tableau 2-40.

Tableau 2-40 Facteurs d'émission pour les installations de combustion à carburants liquides, année de construction 1982-1984

Polluant	Moteurs diesel		Générateurs de vapeur auxiliaires	Unité
	1982, 1984 ¹²	Unité	1982 ¹³	
CO	12,2	kg/m ³ diesel	0,63	kg/m ³ diesel
NO _x	56,2	kg/m ³ diesel	2,8	kg/m ³ diesel
SO _x	3,74	kg/m ³ diesel	17*teneur en soufre ¹⁴ (%)	kg SO ₂ /m ³ diesel

¹¹ On entend par année de construction l'année d'autorisation.

¹² AP-42 1977, tableau 3.3.3-1 'Emission factors for gasoline- and diesel-powered industrial equipment – emission factor rating: C' (diesel).

¹³ AP-42 1977, tableau 1.3-1 'Emission factors for fuel oil combustion – Emission factor rating: A' (distillate oil).

¹⁴ Maximum 0,1 %.

PM ₁₀	4,01	kg/m ³ diesel	0,25	kg/m ³ diesel
PM _{2,5}	4,01	kg/m ³ diesel	0,25	kg/m ³ diesel

Tableau 2-41 : Facteurs d'émission pour les installations de combustion à carburants liquides, année de construction 2000-2017

Polluant	Moteurs diesel		
	2000, 2010 ¹⁵	2015, 2017 ¹⁶	Unité
CO	385	130	g/GJ
NO _x	1450	942	g/GJ
SO _x	46,1	48	g/GJ
PM ₁₀	22,4	30	g/GJ
PM _{2,5}	21,7	30	g/GJ

2.4.2.2.4 Consommation de carburant

La consommation de carburant de tous ces points d'émission pour la période 2014 est exposée au Tableau 2-42.

Tableau 2-42 Consommation de carburant (2014)

Élément fonctionnel	Numéro sur le plan	Puissance [MWth]	Type	Heures de fonctionnement [h]	Consommation de gasoil [m ³]
DOEL 1 et 2					
PKD-D1/DG0011	1	4,3	Moteur au gasoil	6,49	1,57
PKD-D1/ED0022	8	6,1	Moteur au gasoil	47,39	15,76
PKD-D0/DG0014 ¹⁷	4	6,2	Moteur au gasoil	0,00	0,00
PKD-D0/DG0012	3	6,2	Moteur au gasoil	0,00	0,00
PKD-D0/DG0024	6	6,2	Moteur au gasoil	0,00	0,00
PKD-D0/DG0022	5	6,2	Moteur au gasoil	0,00	0,00
PKD-D2/DG0021	2	4,3	Moteur au gasoil	5,14	1,25
PKD-D2/ED0012	7	6,1	Moteur au gasoil	51,53	17,14
PKD-D0/DGS12	30	6,79	Moteur au gasoil	28,33	10,50
PKD-D0/DGS14	31	6,79	Moteur au gasoil	47,09	17,46

¹⁵ EMEP EEA Guidebook 2009, tableau 3-38, facteurs d'émission Tier 2 pour les sources non résidentielles - moteurs à piston au gasoil.

¹⁶ EMEP EEA Guidebook 2013, tableau 3-37, facteurs d'émission Tier 2 pour les sources non résidentielles - moteurs à piston au gasoil ; uniquement d'application pour les générateurs diesel autorisés en 2015 et 2017 (cf. phase d'exploitation à partir de 2015).

¹⁷ Les diesels PKD-D0/DG0014, PKD-D0/DG0012, PKD-D0/DG0024 et PKD-D0/DG0022 sont de vieux diesels qui sont toujours autorisés, mais sont déconnectés et ne sont donc plus testés.

Élément fonctionnel	Numéro sur le plan	Puissance [MWth]	Type	Heures de fonctionnement [h]	Consommation de gasoil [m ³]
PKD-D0/DGS22	33	6,79	Moteur au gasoil	35,85	13,29
PKD-D0/DGS24	34	6,79	Moteur au gasoil	29,19	10,82
PKD-D0/DGS99	32	6,79	Moteur au gasoil	31,73	11,76
Sous-total					35,72 m³
DOEL 3					
PKD-D3/ES-DG0012	17	2,4	Moteur au gasoil	1,60	0,19
PKD-D3/ES-DG0022	18	2,4	Moteur au gasoil	18,60	2,26
PKD-D3/ES-DG0001	13	12,6	Moteur au gasoil	55,20	38,97
PKD-D3/ES-DG0002	14	12,6	Moteur au gasoil	34,10	24,07
PKD-D3/ES-DG0003	15	12,6	Moteur au gasoil	55,00	38,83
PKD-D3/ES-DG0004	16	12,6	Moteur au gasoil	53,70	37,91
PKD-D3/KE-DG0001	10	5,7	Moteur au gasoil	33,00	10,97
PKD-D3/KE-DG0002	11	5,7	Moteur au gasoil	31,00	10,31
PKD-D3/KE-DG0003	12	5,7	Moteur au gasoil	32,30	10,74
Sous-total					174,26 m³
DOEL 4					
PKD-D4/ES-DG0022	26	2,4	Moteur au gasoil	131,30	15,97
PKD-D4/ES-DG0012	25	2,4	Moteur au gasoil	8,30	1,01
PKD-D4/ES-DG0001	22	12,6	Moteur au gasoil	84,20	59,44
PKD-D4/ES-DG0002	23	12,6	Moteur au gasoil	31,40	22,17
PKD-D4/ES-DG0003	24	12,5	Moteur au gasoil	39,70	28,03
PKD-D4/KE-DG0001	19	5,7	Moteur au gasoil	29,90	9,94
PKD-D4/KE-DG0002	20	5,7	Moteur au gasoil	26,90	8,95
PKD-D4/KE-DG0003	21	5,7	Moteur au gasoil	25,00	8,31
Sous-total					153,82 m³
WAB					
Générateur de vapeur auxiliaire ABN	27	43,126	Générateur de vapeur	0,00	0,00
Générateur de vapeur auxiliaire ABZ	28	43,126	Générateur de vapeur	54,00	87,15
Sous-total					87,15 m³

Élément fonctionnel	Numéro sur le plan	Puissance [MWth]	Type	Heures de fonctionnement [h]	Consommation de gasoil [m³]
DIVERS					
Diesel incendie	9	0,125	Moteur au gasoil	14,00	0,15
Chauffage MAI	29	0,204	Chaudière		15,04
Sous-total					15,20 m³
TOTAL					529,99 m³

2.4.2.2.5 Émissions des installations de combustion

Les facteurs d'émission ci-dessous sont utilisés pour les différentes installations de combustion.

Tableau 2-43 : Facteurs d'émission par installation de combustion

Élément fonctionnel	Année de construction	Source
Doel 1 et 2		
PKD-D1/DG0011	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D1/ED0022	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D2/DG0021	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D2/ED0012	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS12	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS14	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4

Élément fonctionnel	Année de construction	Source
PKD-D0/DGS22	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS24	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS99	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
Doel 3		
PKD-D3/ES-DG0012	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0022	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0001	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0002	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0003	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0004	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0001	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0002	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0003	1982	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
Doel 4		
PKD-D4/ES-DG0022	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1

Élément fonctionnel	Année de construction	Source
PKD-D4/ES-DG0012	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0001	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0002	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0003	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/KE-DG0001	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/KE-DG0002	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
PKD-D4/KE-DG0003	1984	AP-42 1977, Tableau 3.3.3-1
WAB		
PKD-DT/ABN	1982	AP-42 1977, Tableau 1.3-1
PKD-DT/ABZ	1982	AP-42 1977, Tableau 1.3-1
DIVERS		
Chauffage MAI	Inconnu	AP-42 1977, Tableau 1.3-1
Diesel incendie PKD-D0/FEOP2	Inconnu	EMEP EEA 2013, Tableau 3-37 Non residential sources, reciprocating engines burning gas oil (ref: Nielsen et al. 2010)

Lorsqu'on combine la consommation du Tableau 2-42 avec les facteurs d'émission donnés¹⁸, on obtient une image (indicative) des émissions captées à la source totales de la CND, indiquées au Tableau 2-44.

Tableau 2-44 Émissions des installations de combustion (2014)

Élément fonctionnel	Émission de CO en kg/an	Émission de NOx en kg/an	Émission de SOx en kg/an	Émission de PM ₁₀ en kg/an	Émission de PM _{2,5} en kg/an
DOEL 1 et 2					

¹⁸ En tenant compte d'une densité de gasoil de 0,85 et d'une valeur calorifique inférieure de 42,279 GJ/tonne.

Élément fonctionnel	Émission de CO en kg/an	Émission de NOx en kg/an	Émission de SOx en kg/an	Émission de PM ₁₀ en kg/an	Émission de PM _{2,5} en kg/an
PKD-D1/DG0011	39	149	5	2	2
PKD-D1/ED0022	395	1487	47	23	22
PKD-D0/DG0014	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0012	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0024	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0022	0	0	0	0	0
PKD-D2/DG0021	31	118	4	2	2
PKD-D2/ED0012	429	1617	51	25	24
PKD-D0/DGS12	263	991	32	15	15
PKD-D0/DGS14	438	1648	52	25	25
PKD-D0/DGS22	333	1255	40	19	19
PKD-D0/DGS24	271	1022	32	16	15
PKD-D0/DGS99	295	1110	35	17	17
Sous-total	2495	9397	299	145	141
DOEL 3					
PKD-D3/ES-DG0012	4	20	1	1	1
PKD-D3/ES-DG0022	50	230	15	16	16
PKD-D3/ES-DG0001	861	3967	264	283	283
PKD-D3/ES-DG0002	532	2451	163	175	175
PKD-D3/ES-DG0003	858	3953	263	282	282
PKD-D3/ES-DG0004	838	3859	257	275	275
PKD-D3/KE-DG0001	243	1117	74	80	80

Élément fonctionnel	Émission de CO en kg/an	Émission de NOx en kg/an	Émission de SOx en kg/an	Émission de PM ₁₀ en kg/an	Émission de PM _{2,5} en kg/an
PKD-D3/KE-DG0002	228	1049	70	75	75
PKD-D3/KE-DG0003	237	1093	73	78	78
Sous-total	3851	17740	1181	1266	1266
DOEL 4					
PKD-D4/ES-DG0022	353	1626	108	116	116
PKD-D4/ES-DG0012	22	103	7	7	7
PKD-D4/ES-DG0001	1314	6051	403	432	432
PKD-D4/ES-DG0002	490	2257	150	161	161
PKD-D4/ES-DG0003	619	2853	190	204	204
PKD-D4/KE-DG0001	220	1012	67	72	72
PKD-D4/KE-DG0002	198	911	61	65	65
PKD-D4/KE-DG0003	184	846	56	60	60
Sous-total	3399	15659	1042	1117	1117
WAB					
Générateur de vapeur auxiliaire ABN	0	0	0	0	0
Générateur de vapeur auxiliaire ABZ	125	476	3	50	50
Sous-total	125	476	3	50	50
DIVERS					
Diesel incendie PKD-D0/FEOP2	9	36	0,3	3,8	3,8
Chauffage MAI	1	5	0,2	0,1	0,1
Sous-total	10	41	0,5	3,9	3,9
TOTAL (kg)	9881	43314	2525	2582	2582

Sur la base des données d'émission des différentes installations de combustion, telles qu'indiquées dans le tableau ci-dessus, on peut établir que les émissions de CO, de SO_x et de particules fines (PM₁₀, PM_{2,5}) sont faibles par rapport aux émissions de NO_x.

2.4.2.3 Identification et quantification des émissions non captées à la source

La CND stocke des solutions aqueuses d'ammoniac et d'hydrazine dans différents réservoirs du site. Ces produits sont utilisés pour maintenir un pH optimal dans les circuits d'eau et pour y limiter la teneur en oxygène, afin d'éviter la corrosion. Pour plus d'informations à ce sujet et pour des données sur le déversement de ces produits via l'eau, il est fait référence à la discipline Eau.

L'ammoniac et l'hydrazine sont tous deux toxiques. L'hydrazine est également un produit cancérigène. L'ammoniac a une pression de vapeur élevée, ce qui signifie que des vapeurs se forment déjà dans des conditions normales et que des émissions potentielles peuvent donc être produites. La volatilité de l'hydrazine dans l'eau est cependant très limitée, de sorte que des émissions pertinentes sont à exclure. Le stockage est, en outre, effectué sous forme diluée afin de minimiser les pertes par respiration. De plus, des mesures ont été prises pour empêcher une éventuelle dispersion via l'air (p. ex. gardes hydrauliques et filtres à charbon actif). Les deux substances sont également totalement solubles dans l'eau. La CND a mis en place différentes procédures concernant la manipulation et le stockage de ces produits.

Pour cette raison, aucune émission pertinente d'ammoniac ou d'hydrazine dans l'environnement n'est à prévoir.

2.4.2.4 Émission de panaches de vapeur depuis les tours de refroidissement

2.4.2.4.1 Identification et quantification des précipitations de sel provenant des panaches de vapeur des tours de refroidissement

Les centrales de Doel 3 et 4 utilisent de l'eau de refroidissement qui est refroidie dans les tours de refroidissement ouvertes après utilisation. Les précipitations de sel provenant du panache de vapeur des tours de refroidissement, dans lesquelles de l'eau salée est utilisée, sont un problème connu. L'eau de l'Escaut à hauteur de Doel est naturellement saumâtre en raison de l'effet des marées sur l'Escaut.

Par le passé, une méthodologie a été élaborée sur la base de mesures afin d'inventorier les émissions et les précipitations de sel y afférentes issues d'une grande tour de refroidissement avec un pompage naturel et un approvisionnement en eau salée.

Il a également été déterminé, sur la base de mesures expérimentales, dans quelle mesure les précipitations de sel avaient une influence sur les terres cultivées du point de vue du rendement et de la qualité, sur le sol et sur la croissance naturelle des plantes.

Les données relatives aux précipitations de sel dans ce paragraphe sont tirées de la note « Hoofdkoeltoren – Raming van de zoutneerslag, vertaling van nota nr. 51158 NTNUSO 3753 », Tractebel Engineering, 01/08/1983.

La teneur en sel de l'eau de circulation dans les tours de refroidissement, qui est pompée directement de l'Escaut, est égale à 20 g/l, ce qui représente une moyenne annuelle pessimiste¹⁹.

Le dépôt de sel est estimé sur la base des paramètres suivants :

- le débit de l'eau de circulation dans les tours : 259 200 m³/h
- le degré d'entraînement des gouttelettes : $2 \cdot 10^{-5}$
- la teneur en sel dans l'eau de circulation : 20 kg/m³
- la hauteur des tours : 167 m

La combinaison de ces données résulte en une émission de sel émanant des 2 tours de refroidissement de Doel (centrales 3 et 4) de 103,7 kg/h. Le dépôt de sel à proximité des tours de refroidissement (dans un rayon de 2 km) peut être estimé à 0,25 g/m² par mois.

2.4.2.4.2 Impact des panaches de vapeur sur le microclimat environnant

Les panaches de vapeur provenant des tours de refroidissement peuvent avoir une influence sur le microclimat local en raison de leur taille.

L'incidence qui se produit traditionnellement est la précipitation du panache de vapeur dans l'environnement en raison des conditions météorologiques (locales), entraînant la formation de brouillard. Ce phénomène s'observe cependant principalement aux abords de tours de refroidissement d'une hauteur inférieure à celles de la CND, qui atteignent 160 m de haut et évitent ainsi ce type de brouillard.

Rien n'indique que les panaches de vapeur ont une réelle influence sur le climat environnant. Les panaches de vapeur de la CND ne nécessitent donc aucune recherche supplémentaire concernant leur impact sur le microclimat.

2.4.2.5 Historique des émissions

Il est difficile de comparer les émissions captées à la source d'une année à l'autre, car la consommation est principalement liée à des facteurs n'ayant pas trait à la production, en l'occurrence les tests des moteurs.

Une comparaison des données est également impossible en ce qui concerne les précipitations de sel, notamment car la teneur en sel de l'Escaut varie fortement d'une année à l'autre ou au cours d'une année donnée, ainsi qu'en fonction des marées.

2.4.2.6 Énergie et climat

2.4.2.6.1 Plan énergétique

La directive européenne 96/61/CE (dite IPPC, prévention et réduction intégrées de la pollution) oblige les États membres, dans le cadre de la législation environnementale, à veiller à ce que l'efficacité énergétique des installations soit prise en compte tant lors de l'exploitation de l'établissement que lors de la demande d'autorisation pour un nouvel établissement.

¹⁹ Les mesures pour la période 2010-2019 montrent une teneur en sel maximale d'environ 10,8 g/l dans l'eau pompée de l'Escaut.

Concrètement, pour la Flandre, cela signifie que les conditions d'autorisation sont liées à une étude énergétique et/ou un plan énergétique. L'arrêté du gouvernement flamand du 14 mai 2004 (MB 16.07.2004) relatif au planning énergétique pour les établissements énergivores classés ajoute un chapitre 4.9 intitulé « Planning énergétique » à la partie 4 du titre II du VLAREM. Ce chapitre stipule que tout établissement classé dont la consommation d'énergie primaire est d'au moins 0,5 pétajoule (500 000 GJp) par an doit disposer d'un plan énergétique déclaré conforme.

L'arrêté du gouvernement flamand du 19 novembre 2010 portant des dispositions générales en matière de la politique de l'énergie (« arrêté relatif à l'énergie ») impose des exigences quant au contenu du plan énergétique.

Un premier plan énergétique a été établi en 2010 pour la CND. Un examen des mesures potentielles d'économie d'énergie a été effectué. Pour chacune de ces mesures, il a été vérifié si elles étaient sûres, techniquement réalisables et suffisamment rentables d'un point de vue économique. Ce plan a été réévalué et mis à jour en 2014.

Outre les mesures du plan énergétique, des mesures supplémentaires sont également prises à l'initiative d'ENGIE. Le Tableau 5-3 ci-dessus (tiré du plan énergétique de 2014) montre que plus de 3 700 tonnes de CO₂/an ont pu être évitées grâce aux mesures mises en place (entre 2010 et 2014)²⁰.

²⁰ Laborelec, plan énergétique 2014, centrale Electrabel de Doel, 2014.

Tableau 2-45 : Économies réalisées grâce aux mesures énergétiques prises par la CND (selon le plan énergétique de 2014)

	maatregel EP2010	Besparingsoverzicht van uitgevoerde maatregelen van het EP2010		
		MWh _e /jaar	t CO ₂ /jaar	
1	DOGB01a	ADG: verminderen verlichting	43,4	6,1
2	DOGB0a3a	WPG: aanwezigheidsdetectie	13,6	1,9
3	DOGB06a, 07a, 08a	CGA: optimalisatie van de verlichting	22,5	3,2
4	DOGB10a	CGB: optimalisatie van de verlichting	12,6	1,8
	totaal		92,1	12,9

Besparingsoverzicht van uitgevoerde maatregelen niet vermeld in het EP2010		MWh _e /jaar	t CO ₂ /jaar
1	Andere gebouwen: optimalisatie verlichting en verwarming	1.240	174
2	WPG: warmtepomp i.p.v. directe verwarming	16	2
3	TGB: optimalisatie van de verlichting	8	1
4	Technische gebouwen: vervanging verlichting	843	118
5	WPG: verbeterde isolatie	3.223	451
6	vervangen van UPS uitrustingen	1626	228
7	vervanging van koelgroepen	73	10
8	vervanging van noodaggregaten	93	13
9	vervanging van opvoertransformatoren D3	2.759	386
10	vervanging van opvoertransformatoren D4	4.663	653
11	vervanging van de pakking van koeltoren D3	12.005	1.681
	Totaal	26.547	3.717

La CND a intégré la gestion de l'énergie dans ses activités quotidiennes. La consommation d'énergie des différentes installations est rapportée et analysée par unité sur une base mensuelle. Tant la consommation d'énergie que la consommation de gasoil pour les différentes installations de secours sont tenues à jour. Des efforts continus sont déployés pour réduire la consommation d'énergie au niveau de tous les services d'appui (bâtiments, ateliers, machines-outils, etc.).

La consommation d'énergie dans les bâtiments non techniques s'élevait à 2 200 MWh en 2014, contre 2 600 MWh en 2013. Cette diminution est due à une série de mesures d'économie d'énergie, notamment le remplacement de l'éclairage et des pompes, ainsi que certains réglages. Outre la réduction de la consommation d'énergie, les pertes de chaleur dans le bâtiment administratif ont été réduites grâce à l'installation de doubles vitrages et à l'isolation des toits et des murs.

2.4.2.6.2 Étude énergétique

La réalisation d'une étude énergétique n'est nécessaire que pour les nouvelles installations dont la consommation énergétique totale annuelle est d'au moins 0,1 PJ ou en cas de modification d'une installation existante, qui implique une consommation supplémentaire (primaire) d'au moins 10 TJ par an.

Comme aucune nouvelle installation ni augmentation de la capacité n'est prévue, la CND n'entre pas dans ces catégories et ne doit donc pas établir d'étude énergétique.

2.4.2.6.3 Émissions de gaz à effet de serre

La conférence sur le climat de Kyoto a obligé la Belgique et l'Union européenne à réduire leurs émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre. Le protocole a été approuvé par la décision 2002/358/CE du Conseil du 25 avril 2002. Dans ce contexte, la directive européenne 2003/87/CE a établi un système de droits d'émission de gaz à effet de serre dans les pays de la Communauté européenne.

Depuis la période d'échanges 2013-2020, la CND est également soumise à cette directive, en raison de l'exploitation d'installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale à l'entrée de plus de 20 MW (en 2014, cela concernait 31 moteurs permanents, 2 installations de combustion associées aux générateurs de vapeur auxiliaires et 1 chaudière associée à une installation de chauffage, pour une capacité totale de 298,031 MWth).

La CND doit depuis lors établir chaque année un rapport de suivi. Pour l'année 2014, les émissions de CO₂ ainsi calculées s'élevaient à 1 411,33 tonnes.

En 2014, l'ensemble des installations de production d'Electrabel GDF Suez a produit 47 008 GWh (production nette à 100 %) d'électricité et 7 617 325 tonnes d'émissions de CO₂ en Belgique. Les quatre unités nucléaires de Doel ont produit ensemble environ 14 044 GWh nets, émettant ainsi 1 411,33 tonnes de CO₂ lors des tests des diesels et des générateurs de vapeur. La CND représentait donc 29,87 % de l'ensemble de l'électricité produite par Electrabel en Belgique et n'était responsable que d'environ 0,019 % des émissions de CO₂²¹.

Étant donné que, dans des circonstances normales, ces émissions de CO₂ proviennent exclusivement des tests des installations de combustion chargées de garantir le fonctionnement sûr des installations nucléaires, le niveau de ces émissions ne devrait pas évoluer de manière significative à l'avenir.

Les émissions de CO₂ provenant de ces sources d'émission sont si faibles, a fortiori en comparaison avec celles d'une centrale électrique classique, que l'impact négatif de ces émissions sur le climat ne peut être quantifié.

²¹ Electrabel, déclaration environnementale 2015 – performances 2014, 2015.

2.4.3 Évaluation des incidences

2.4.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2019

2.4.3.1.1 Émissions

Travaux LTO

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. paragraphes 1.6.2 et 1.7.1).

Les émissions suivantes ont été possibles pendant les travaux :

- émissions de poussière provenant des travaux d'excavation et d'approvisionnement par camions (terrassment, travaux de construction, etc.) ;
- émissions de gaz d'échappement des engins de chantier et des camions (combustion de carburants fossiles, dont CO, CO₂, hydrocarbures imbrûlés, NO_x, SO₂ et particules fines (PM_{2,2} et PM₁₀)).

Diverses activités ont pu produire des émissions diffuses de poussière (approvisionnement en matériaux par le transport routier, stockage et manutention de matériaux, travaux de terrassment). Il n'existe cependant pas de méthode permettant de réaliser une estimation quantitative fiable de ces émissions.

Les émissions de poussière dépendent de toute une série de facteurs comme le nombre et le type d'engins de chantier utilisés, les instructions de travail pendant la construction, etc.

Compte tenu de la distance entre le site et les habitations, aucun impact lié aux émissions de poussière (poussière des engins de chantier) n'était à prévoir pendant les travaux.

La part des émissions provenant des engins de chantier et du trafic de chantier variait de jour en jour et a été jugée plutôt faible par rapport aux sources d'émissions actuelles sur et à proximité du site, telles que la circulation. L'incidence sur la qualité de l'air résultant des engins de chantier et du trafic de chantier est jugée de négativement limitée à négligeable, compte tenu de leur caractère temporaire.

Le nombre de transports qui ont eu lieu pendant les travaux n'est pas connu. Seul un nombre limité d'habitations est présent le long des routes d'accès à la CND. L'impact des gaz d'échappement de ces transports peut donc être considéré comme négligeable.

Installations de combustion

Dans le cadre du projet LTO, trois moteurs diesel supplémentaires ont été fournis pour les pompes incendie. Ceux-ci seront mis en service en 2020. Dans des conditions d'exploitation normales, le nombre d'heures de fonctionnement se limite aux tests périodiques.

Plusieurs générateurs diesel supplémentaires ont, par ailleurs, été installés en 2015 et 2017 dans le nouveau bâtiment GUM.

Le nombre d'heures de fonctionnement varie d'une année à l'autre. La fréquence et la durée des tests dépendent de la fonction du générateur diesel (diesel auxiliaire, diesel de sécurité, diesel de secours, générateurs diesel GUM).

Les nouveaux moteurs diesel émettront également du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x), du monoxyde de carbone (CO) et des particules fines, mais respecteront des limites d'émission beaucoup plus strictes. Pour les générateurs de 2015 et 2017, des facteurs d'émission plus faibles sont donc pris en compte (cf. Tableau 2-40).

Une durée totale réaliste de test annuel a été déterminée selon le scénario le plus pessimiste, sur la base des données par installation au cours de la période 2015-2019.

Tableau 2-46 : Nombre théorique d'heures de fonctionnement et consommation de gasoil, scénario réaliste le plus pessimiste période 2015-2019

Élément fonctionnel	Heures de fonctionnement (h)	Consommation de gasoil (m ³)
PKD-D1/DG0011	10	4.4
PKD-D1/ED0022	100	60.2
PKD-D0/DG0014	0	0.0
PKD-D0/DG0012	0	0.0
PKD-D0/DG0024	0	0.0
PKD-D0/DG0022	0	0.0
PKD-D2/DG0021	10	4.4
PKD-D2/ED0012	100	60.2
PKD-D0/DGS12	50	33.6
PKD-D0/DGS14	50	33.6
PKD-D0/DGS22	50	33.6
PKD-D0/DGS24	50	33.6
PKD-D0/DGS99	50	33.6
PKD-D3/ES-DG0012	10	2.2
PKD-D3/ES-DG0022	10	2.2
PKD-D3/ES-DG0001	50	63.9
PKD-D3/ES-DG0002	50	63.9
PKD-D3/ES-DG0003	50	63.9
PKD-D3/ES-DG0004	50	63.9
PKD-D3/KE-DG0001	50	30.1
PKD-D3/KE-DG0002	50	30.1
PKD-D3/KE-DG0003	50	30.1

Élément fonctionnel	Heures de fonctionnement (h)	Consommation de gasoil (m ³)
PKD-D4/ES-DG0022	10	2.2
PKD-D4/ES-DG0012	10	2.2
PKD-D4/ES-DG0001	50	63.9
PKD-D4/ES-DG0002	50	63.9
PKD-D4/ES-DG0003	50	63.9
PKD-D4/KE-DG0001	50	30.1
PKD-D4/KE-DG0002	50	30.1
PKD-D4/KE-DG0003	50	30.1
PKD-DT/ABN	40	146.9
PKD-DT/ABZ	40	146.9

Sur la base des facteurs d'émission du Tableau 2-40, les émissions ci-dessous ont été calculées pour la situation LTO.

Tableau 2-47 : Émissions des installations de combustion, scénario réaliste le plus pessimiste 2015-2019 pour la situation LTO (tonne/an)

	CO	NOx	SOx	PM ₁₀	PM _{2,5}
Doel 1&2	4,1	15,5	0,5	0,2	0,2
Doel 3	4,3	19,7	1,3	1,4	1,4
Doel 4	3,5	16,1	1,1	1,1	1,1
Générateurs de vapeur auxiliaires	0,18	0,7	0,005	0,073	0,073
Divers	0,02	0,1	0,006	0,004	0,004
Total	12,1	52,1	2,9	2,9	2,9

Émissions et précipitations de sel (via le panache de vapeur)

Les émissions de sel ne sont pas calculées ou surveillées chaque année, car la teneur en sel de l'eau de l'Escaut varie fortement. Seule une estimation de l'ordre de grandeur peut être établie (cf. paragraphe 2.4.2.4.1). Aucun changement n'est attendu à la suite de la LTO.

2.4.3.1.2 Sélection des polluants pertinents

Le tableau ci-dessous présente, sur la base de différents critères, les polluants pour lesquels une évaluation des incidences est effectuée. Il est tenu compte, dans ce contexte :

- de la charge d'émission (comparaison avec le seuil du rapport IMJV) ;
- de la qualité de l'air actuelle (supérieure ou inférieure à 80 % des objectifs de qualité) ;

- de la toxicité (en particulier les mutagènes, cancérigènes et reprotoxiques²²) ;
- de la proximité avec des zones résidentielles et naturelles ;
- du mode d'émission (diffus, cheminée, etc.).

Sur la base de ce tableau, nous arrivons à la sélection suivante de polluants à évaluer :

- CO, SO₂, poussière : pas d'évaluation (distincte) en raison de la faible charge d'émission et de la qualité de l'air plutôt bonne dans le domaine d'étude ;
- NO_x : évaluation supplémentaire en raison d'une émission (tout juste) au-dessus du seuil IMJV ;
- Émissions acidifiantes et eutrophisantes : évaluation supplémentaire en raison de la proximité avec une zone naturelle.

Tableau 2-48 Sélection des polluants pertinents

Polluant	Charge d'émission selon le scénario réaliste le plus pessimiste [tonne/an]	Qualité de l'air actuelle (mesures supérieures ou inférieures à 80 % de la norme de qualité)	Cancérogénicité et toxicité (phases H)	Emplacement par rapport aux zones résidentielles et naturelles	Décision relative à une évaluation des incidences supplémentaire
NO _x	52,1 tonnes/an > 50 tonnes/an (IMJV)	Mesures < 80 % de la norme de qualité	H330	Max. 150 personnes < 2 km, village de Doel environ 900 m S	Oui
CO	12,1 tonnes/an < 200 tonnes/an (IMJV)	Mesures < 80 % de la norme de qualité	H331	Max. 150 personnes < 2 km, village de Doel environ 900 m S	Non
SO _x	2,9 tonnes/an < 100 tonnes/an (IMJV)	Mesures < 80 % de la norme de qualité	H331	Max. 150 personnes < 2 km, village de Doel environ 900 m S	Non
PM ₁₀	2,9 tonnes/an < 20 tonnes/an (IMJV)	Mesures < 80 % de la norme de qualité	Pas d'évaluation de phases H	Max. 150 personnes < 2 km, village de Doel environ 900 m S	Non
PM _{2,5}	2,9 tonnes/an < 10 tonnes/an (IMJV)	Mesures < 80 % de la norme de qualité	Pas d'évaluation de phases H	Max. 150 personnes < 2 km, village de Doel environ 900 m S	Non
Émissions acidifiantes	S.o.	S.o.	Pas d'évaluation de phases H	Proximité d'une zone naturelle	Oui

²² Polluants des phases H H340, H341, H350, H351, H360 et/ou H361.

Polluant	Charge d'émission selon le scénario réaliste le plus pessimiste [tonne/an]	Qualité de l'air actuelle (mesures supérieures ou inférieures à 80 % de la norme de qualité)	Cancérogénicité et toxicité (phases H)	Emplacement par rapport aux zones résidentielles et naturelles	Décision relative à une évaluation des incidences supplémentaire
Émissions liées à la fertilisation	S.o.	S.o.	Pas d'évaluation de phases H	Proximité d'une zone naturelle	Oui

2.4.3.1.3 Détermination de la contribution à l'immission

L'évaluation ci-dessus révèle que le NO₂ et les dépôts acidifiants et eutrophisants sont considérés comme des paramètres pertinents. La propagation est ensuite inventoriée à l'aide du modèle IMPACT. Pour le NO₂, la valeur de référence de 2015 est utilisée.

Les émissions calculées au Tableau 2-47 sont intégrées dans le modèle de dispersion (au même titre que les caractéristiques d'émission²³) et sont effectuées pour les points d'émission qui, ensemble, représentent au moins 95 % de la charge d'émission.

Les générateurs diesel installés dans le bâtiment GUM et les générateurs diesel installés dans le cadre du projet LTO sont négligeables par rapport aux autres sources d'émission, en raison de leur faible puissance (et donc de leur plus faible consommation de carburant) et de leurs faibles facteurs d'émission.

Pour les polluants qui font l'objet d'une modélisation de dispersion, le calcul est effectué à la fois pour la situation LTO (incluant Doel 1 et 2) et pour la situation no-LTO²⁴ (excluant Doel 1 en 2) (option zéro).

→ NO₂

L'impact annuel moyen de la CND est inférieur à 1 % de la norme de qualité environnementale (cf. Figure 2.40) et peut donc être considéré comme négligeable.

²³ Les caractéristiques d'émission ne sont pas entièrement connues, étant donné qu'aucune mesure des émissions n'est disponible. Les hypothèses suivantes ont été retenues : facteur 10 pour les gaz de combustion, température d'émission de 420 °C pour les générateurs diesel et de 200 °C pour les générateurs de vapeur, hauteur de la cheminée de 1,5x la hauteur du bâtiment et diamètre de la cheminée de 0,5 à 1,5 m. L'année météo 2012 et les taux de dépôt standard du modèle IMPACT ont été pris pour référence.

²⁴ Ceci vaut pour la période 2019-2025. Dans la situation no-LTO, des tests des générateurs diesel de Doel 1 et 2 auraient encore lieu au cours de la période 2015-2019 (pendant la mise à l'arrêt définitif), tant qu'il reste du combustible dans les réacteurs.



Figure 2.40 : Contribution annuelle moyenne à l'immission de NO₂ lors de la phase d'exploitation, scénario LTO

➔ Dépôts eutrophisants et acidifiants

Les émissions de NO_x et SO₂ résultant du projet contribuent aux dépôts eutrophisants et acidifiants dans l'environnement, entre autres à hauteur de la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et de la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche partiellement la première). Ces dépôts sont calculés et les résultats sont présentés et évalués dans la discipline Biodiversité.

2.4.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2020-2025)

Comme expliqué ci-dessus, les émissions des installations de combustion dans la situation LTO ne différeront pas significativement des émissions dans la situation de départ.

2.4.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

Au cours de la période 2025-2029 (période de mise à l'arrêt définitif), les générateurs diesel liés à Doel 1 et 2 continueront à fonctionner tant qu'il y aura du combustible. Cette situation est donc similaire à la situation LTO pour la période 2019-2025 et la période 2015-2019. Ce n'est que lors de la dernière phase de la MAD (environ 3 mois), lorsque tout le combustible aura été retiré des docks pour être acheminé vers le bâtiment des conteneurs de combustibles (SCG), que les générateurs pourront être mis hors service. Le scénario le plus pessimiste pour cette période peut être basé sur un régime de test identique à celui de la période 2019-2025. Pour l'analyse, il est fait référence au paragraphe 2.4.3.1.

2.4.3.4 Option zéro

Émissions des installations de combustion

Les émissions dans l'option zéro sont :

- au cours de la période 2015-2019 (période de mise à l'arrêt définitif dans la situation no-LTO) : les générateurs diesel liés à Doel 1 et 2 restent en fonctionnement tant qu'il y a du carburant. Cette situation est donc similaire à la situation LTO ;
- au cours de la période 2019-2029 : les émissions n'incluront plus les points d'émission de Doel 1 et 2 (cf. Tableau 2-49).

Tableau 2-49 : Émissions des installations de combustion, scénario réaliste le plus pessimiste 2019-2029 pour la situation no-LTO (tonne/an)

	CO	NOx	SOx	PM₁₀	PM_{2,5}
Doel 1&2	0	0	0	0	0
Doel 3	4,3	19,7	1,3	1,4	1,4
Doel 4	3,5	16,1	1,1	1,1	1,1
Générateurs de vapeur auxiliaires	0,18	0,7	0,005	0,073	0,073
Divers	0,02	0,1	0,006	0,004	0,004
Total	8,0	36,6	2,4	2,6	2,6

Dans cette situation, la contribution annuelle moyenne de NO₂ de la CND est également inférieure à 1 % de la norme de qualité environnementale pour tous les postes et donc négligeable pour tous les postes.



Figure 2.41 : Contribution annuelle moyenne à l'immission de NO₂ lors de la phase d'exploitation, scénario no-LTO

La contribution des générateurs diesel de Doel 1 et 2 est donc également négligeable.

L'option zéro diffère donc de l'option de base au moment de la mise à l'arrêt définitif (2015-2019 dans l'option zéro contre 2025-2029 dans l'option de base).

Dans le premier cas, les émissions se produiront pendant dix ans de moins (à savoir les émissions liées aux tests des générateurs diesel de Doel 1 et 2).

Comme le montre la Figure 2.41, la contribution de ces émissions à la qualité de l'air est toutefois négligeable. L'impact de la LTO sur la qualité de l'air est donc lui aussi négligeable.

➔ Dépôts eutrophisants et acidifiants

Ces dépôts sont calculés et les résultats sont présentés et évalués dans la discipline Biodiversité.

Émissions et précipitations de sel (via le panache de vapeur)

Les émissions de sel ne sont pas calculées ou surveillées chaque année, car la teneur en sel de l'eau de l'Escaut varie fortement. Seule une estimation de l'ordre de grandeur peut être établie (cf. paragraphe 2.4.2.4.1). Aucun changement n'est attendu dans l'option zéro par rapport à l'option de base. Les tours de refroidissement sont en effet uniquement liées à Doel 3 et 4. Les réacteurs de Doel 1 et 2 sont refroidis par un système eau-eau (et non par les tours de refroidissement). L'eau de circulation dans la tour de refroidissement reste donc identique, indépendamment du fonctionnement de Doel 1 et 2.

2.4.3.5 Énergie et climat

2.4.3.5.1 Phase d'exploitation au cours de la période 2015-2019

Lors des travaux réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO, des émissions directes ont été causées par le trafic des camions et les engins de chantier. Ces émissions constituaient la part la plus importante des émissions totales. Une estimation de ces émissions n'est pas totalement possible, car des paramètres tels que la consommation de carburants sont connus. La production de déchets pendant les travaux, qui a donné lieu à des émissions lors du traitement de ceux-ci, est également difficile à estimer.

Le recours à l'énergie électrique est, en outre, peu pertinent, ce qui signifie qu'aucune émission indirecte causée par la production d'électricité n'est à prendre en compte.

Une source indirecte importante d'émissions provenait de la production des matériaux de construction et des installations techniques nécessaires au projet. La production d'acier et de béton, par exemple, est très énergivore. Étant donné que les travaux réalisés dans le cadre du projet LTO concernaient principalement des aménagements techniques nécessitant un moindre recours à ces matériaux, ces émissions indirectes sont jugées négligeables.

Les émissions de CO₂ rapportées dans le cadre des obligations SEQE pour les années 2015-2019 sont présentées ci-dessous (les émissions des années 2009 à 2014 sont également fournies à titre de comparaison).

Tableau 2-50 Émissions annuelles de CO₂ au cours de la période 2009-2019

	CO₂ (tonne/an)
2009	1608,99
2010	1660,60
2011	1809,43
2012	2253,13
2013	1683,98
2014	1411,33
2015	1887,49
2016	1419,54
2017	1414,46

	CO ₂ (tonne/an)
2018	1674,72
2019	1272,34

Le tableau ci-dessus montre qu'aucune tendance n'est à épingle pour les émissions de CO₂.

2.4.3.5.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Les émissions directes de gaz à effet de serre dans la situation future sont négligeables en raison des émissions très limitées.

La phase d'exploitation provoque indirectement des émissions en raison de la consommation d'énergie électrique nécessaire. La consommation d'énergie sera limitée. Des émissions liées au traitement des déchets industriels, tels que les PMC, les papiers/cartons et les déchets résiduels, peuvent également être attendues. Là encore, une prévision est impossible, car les paramètres nécessaires ne sont pas connus.

Les émissions directes de CO₂ de la CND du fait de la LTO ou de l'option zéro ne devraient pas avoir d'impact significatif.

On peut toutefois s'attendre à un impact indirect, car si la demande d'énergie reste la même ou augmente, l'énergie nécessaire à la mise à l'arrêt des centrales Doel 1 et 2 devra être fournie d'une autre manière.

L'Agence internationale de l'énergie (IEA) a publié en 2019 le rapport « Nuclear Power in a Clean Energy System ». L'énergie nucléaire est actuellement la deuxième plus grande source d'énergie à faible teneur en carbone au monde, représentant 10 % de la production mondiale d'électricité. Seule l'hydroélectricité détient une part plus importante (16 %). Pour les économies avancées, comme celles des États-Unis, du Canada, de l'Union européenne et du Japon, il s'agit de la plus importante source d'électricité à faible teneur en carbone depuis 30 ans. L'avenir de l'énergie nucléaire est toutefois incertain, car les anciennes centrales sont progressivement fermées, notamment en raison de décisions politiques visant à les supprimer progressivement, mais également pour des raisons économiques ou réglementaires. Selon l'étude, sans changement de politique, les économies avancées pourraient perdre 25 % de leur capacité nucléaire d'ici 2025 et deux tiers d'ici 2040. Sans une nouvelle prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires existantes ou sans nouveaux projets, 4 milliards de tonnes de CO₂ supplémentaires pourraient être émises.

Certains pays ont choisi de sortir du nucléaire pour des raisons de sécurité ou autres. De nombreux pays estiment cependant que l'énergie nucléaire a encore un rôle à jouer dans leur transition énergétique, mais selon le rapport, ne déploient pas suffisamment d'efforts pour atteindre leurs objectifs.

Le recours à l'énergie nucléaire a permis d'éviter l'émission de 55 Gt de CO₂ au cours des 50 dernières années, ce qui équivaut à presque 2 ans d'émissions mondiales de CO₂. En dépit de la contribution de l'énergie nucléaire et la croissance rapide des énergies renouvelables, 2018 était une année record pour les émissions de CO₂ liées à l'énergie, la demande énergétique ayant augmenté plus rapidement que les énergies à faible teneur en carbone.

Selon le rapport, un éventail de technologies, dont l'énergie nucléaire, seront nécessaires pour la transition énergétique.

La Belgique a été un importateur net d'électricité au cours de la période 2010-2018. Dans l'option zéro, on s'attend donc à importer plus d'électricité que dans la situation LTO. Les émissions de CO₂ dans les deux scénarios dépendent du mix énergétique des pays exportateurs. Au cours de ces années, la Belgique a principalement importé de l'électricité de la France et des Pays-Bas voisins. Comme ces pays comptent également des sources d'énergie fossiles parmi leur mix énergétique, on peut supposer que les émissions de CO₂ dans l'option zéro sont plus élevées que dans la situation LTO (option de base). À cet égard, la situation LTO est plus favorable pour le climat que l'option zéro. Cela suppose que dans l'option zéro, la même quantité d'électricité à faible teneur en carbone est produite par d'autres sources (par exemple l'éolien, le solaire, la biomasse, etc.) et la même quantité d'électricité est consommée, par rapport à la situation LTO. Nous ne tenons donc pas compte d'une éventuelle compensation de la production des centrales de Doel 1 et Doel 2 par des centrales à gaz ou par d'autres centrales fossiles ou non fossiles.

Ces hypothèses s'accompagnent bien entendu d'une grande incertitude. Un effet secondaire indésirable de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 pourrait être le ralentissement des investissements dans les énergies renouvelables, par exemple. Cette incidence potentielle ne peut toutefois pas être évaluée dans le cadre de la présente EIE.

2.4.3.6 Incidences cumulatives

Parmi les plans et les projets à proximité de la CND, le projet complexe « Realisatie Extra containerbehandelingscapaciteit Havengebied Antwerpen » pourrait avoir un impact sur la qualité de l'air.

Dans l'EIE-S réalisée pour ce projet complexe, différentes alternatives pour atteindre l'objectif fixé ont été envisagées. Cette EIE-S montre que toutes les alternatives s'accompagnent d'une augmentation importante des émissions de gaz à effet de serre (principalement de CO₂) et des polluants atmosphériques (surtout le NO₂), tant dans la zone portuaire qu'à l'intérieur des terres. L'EIE-S montre également la nécessité de mettre en œuvre des mesures de réduction des émissions afin de se conformer aux obligations internationales et européennes visant la limitation de la pollution atmosphérique et du changement climatique et afin de ne pas hypothéquer la croissance d'autres projets/activités présentant des émissions pertinentes.

Le cadre d'évaluation pour l'impact sur la qualité de l'air est indépendant de la qualité de l'air dans la situation de référence : seule la contribution du projet en matière d'impact influence la qualification. Il existe toutefois un lien avec les mesures d'atténuation. À partir d'une contribution à l'immission (négativement) limitée, il convient de chercher des mesures d'atténuation si la norme de qualité environnementale est dépassée à plus de 80 %. L'impact de la CND étant toutefois jugé négligeable, des mesures d'atténuation ne sont pas nécessaires.

2.4.3.7 Incidences transfrontalières

L'analyse ci-dessus révèle que les incidences potentielles de la CND résultant des émissions dans l'air en dehors des frontières (régionales) sont tout à fait négligeables.

2.4.4 Suivi

Étant donné que les incidences sont jugées négligeables, aucune proposition de suivi n'est formulée. Les obligations légales doivent, bien entendu, être respectées.

2.4.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Étant donné l'absence d'incidences significatives, aucune mesure d'atténuation ou recommandation n'est proposée.

2.4.6 Lacunes de connaissances

Il n'y a pas de lacunes de connaissances qui affectent l'évaluation.

2.4.7 Conclusions

L'analyse ci-dessus montre que les incidences de CND-1 et CND-2 sur la qualité de l'air :

- peuvent être considérés comme négligeables dans l'option de base, tant lors de la phase d'exploitation que lors de la mise à l'arrêt définitif ;
- peuvent être considérés comme négligeables dans l'option zéro, tant lors de la phase d'exploitation que lors de la mise à l'arrêt définitif ;
- peuvent également être considérés comme négligeables lors de la poursuite de l'exploitation des centrales Doel 1 et Doel 2 pendant une période de 10 ans.

En ce qui concerne les émissions directes de CO₂, aucune différence significative n'est attendue entre l'option zéro et l'option de base.

On suppose toutefois que l'importation d'électricité est plus importante dans l'option zéro que dans la situation LTO. Par conséquent, les émissions indirectes de CO₂ seront plus élevées dans l'option zéro que dans la situation LTO (option de base). À cet égard, la situation LTO est plus favorable pour le climat que l'option zéro (en supposant que tout le reste demeure inchangé). Ces hypothèses s'accompagnent néanmoins d'une grande incertitude.

2.5 Biodiversité

Annexe A – Carte 3 : Plan régional

Annexe A – Carte 4 : Plan régional d'aménagement du territoire (GRUP)

- Annexe A – Carte 13 : Carte d'évaluation biologique (BWK)
- Annexe A – Carte 14 : Zones spéciales de conservation (SBZ)
- Annexe A – Carte 15 : Habitats européens
- Annexe A – Carte 16 : Zones Ramsar
- Annexe A – Carte 17 : Réseau écologique flamand (VEN)
- Annexe A – Carte 18 : Réserves naturelles
- Annexe A – Carte 19 : Atlas des risques – carte de synthèse pour les oiseaux

2.5.1 Méthodologie

2.5.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude pour la discipline Biodiversité comprend le site de la CND et son environnement plus large, sur la base de la zone d'impact définie par les émissions sonores et atmosphériques, d'une part, et par le déversement d'eaux de refroidissement, d'autre part. Dans ce contexte, une attention particulière est portée à l'impact sur les zones d'intérêt ; l'estuaire de l'Escaut en étant la principale.

2.5.1.2 Description de la situation de départ

Lors de l'analyse de la situation de départ, une description est faite des éléments suivants :

- types de végétation : la végétation à proximité immédiate est décrite sur la base de la carte d'évaluation biologique (BWK - Biologische waarderingskaart) – Situation 2018, de la carte des habitats Natura 2000 – Situation 2018 et de la carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015) ;
- zones protégées : des bases de données en libre accès et les données relatives aux zones VEN et aux zones Habitats et Oiseaux sont utilisées dans ce contexte. Leur emplacement est indiqué au moyen de cartes. Une description est donnée de la végétation, des oiseaux, des mammifères, des amphibiens, des invertébrés et des poissons ;
- vulnérabilité écologique au micro-niveau : cette description est basée sur des cartes de vulnérabilité des écosystèmes ;
- zones et routes importantes pour les oiseaux : l'analyse est basée sur l'atlas flamand des risques liés aux éoliennes pour les oiseaux (Vlaamse risicoatlas vogels-windturbines) (INBO 2015).

2.5.1.3 Description et évaluation des incidences

Les aménagements dans le cadre de la LTO n'ont été réalisés que dans les limites du site de la CND. La perte d'écotope et de biotope due à la consommation directe d'espace est donc jugée non pertinente. Pour cette même raison, aucun effet de morcellement n'est à prévoir. Les activités de la CND entraînent des émissions atmosphériques de NO_x, de SO_x, de CO, de CO₂ et de particules fines (cf. discipline Air et climat). En ce qui concerne ces émissions, des effets d'acidification et d'eutrophisation peuvent être attendus dans le cadre de la discipline Biodiversité. Les diverses installations présentes provoquent, en outre, des émissions sonores (cf. discipline Nuisances sonores et vibrations). Par conséquent, l'effet de perturbation sera étudié. Pour finir, l'extraction et le déversement d'eaux de refroidissement et le

déversement d'eaux usées peuvent également avoir une incidence sur les organismes vivants dans et le long de l'Escaut.

Les incidences potentielles pour la discipline Biodiversité lors des aménagements dans le cadre de la LTO seront décrites comme suit :

- eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques : évaluation qualitative des émissions de NO_x et de SO₂ provoquées par les engins de chantier et le trafic de chantier (sur la base de l'évaluation réalisée dans le cadre de la discipline Air et climat) ;
- perturbations : description qualitative des nuisances sonores causées par les engins de chantier et le trafic de chantier (cf. discipline Nuisances sonores et vibrations).

Les incidences potentielles pendant la phase d'exploitation dans la situation future seront décrites comme suit :

- eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques : évaluation quantitative basée sur les calculs d'émissions de NO_x et de SO₂ résultant des émissions captées à la source (cf. discipline Air et climat) ;
- perturbations : description qualitative des nuisances sonores causées par les sources continues et discontinues (cf. discipline Nuisances sonores et vibrations) ;
- captage d'eau : description qualitative basée sur les résultats d'études concernant les poissons et la faune qui sont ou non aspirés lors du captage ;
- déversement d'eaux de refroidissement : description qualitative de l'incidence thermique basée sur les données de suivi de la température (Arcadis, 2012) et de la population de poissons et de crustacés à proximité des points de déversement des eaux de refroidissement provenant de la CND (Breine & Van Thuyne, 2013A) ;
- déversement de substances chimiques : description qualitative (cf. discipline Eau). L'accent sera principalement mis sur les substances jugées responsables d'une contribution limitée à importante selon le cadre de pertinence de la discipline Eau. Une distinction est établie entre les incidences de l'eutrophisation due au déversement d'éléments nutritifs et les incidences écotoxicologiques dues au déversement de substances dangereuses dans l'Escaut.

Les évaluations suivantes sur la nature seront effectuées :

- évaluation appropriée dans le cadre de l'article 36ter du décret flamand sur la nature, impliquant l'évaluation de l'impact sur les zones spéciales de conservation ;
- évaluation renforcée de la nature dans le cadre de l'article 26ter du décret flamand sur la nature, impliquant l'évaluation de l'impact sur le réseau écologique flamand (VEN - Vlaams Ecologisch Netwerk).

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour chaque groupe d'incidence ci-dessous.

- Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques : les cadres de pertinence qui doivent être appliqués pour l'eutrophisation et l'acidification dues aux retombées atmosphériques

sont décrits dans les guides pratiques de l'ANB liés respectivement à l'eutrophisation²⁵ et à l'acidification²⁶ par l'air. Ces guides pratiques doivent être considérés comme l'orientation la plus récente pour évaluer la pertinence d'une incidence sur les objectifs de conservation dans les zones spéciales de conservation, et plus précisément dans les zones Habitats. Ces guides pratiques ne constituent pas des lignes directrices pour l'évaluation dans les zones Oiseaux, ni pour le VEN ou pour les espèces protégées, ni pour les zones de (grande) valeur biologique au sens de la carte d'évaluation biologique non couvertes par la directive Habitats. Étant donné que la CND est située en bordure de l'Escaut, qui est défini comme une zone Habitats, l'utilisation de ces guides pratiques est la plus appropriée dans le cadre de la présente EIE.

Sur la base des calculs d'immission liés aux activités de la CND réalisés dans le cadre de la discipline Air et sur la base des valeurs critiques de dépôt (VCD) des types d'habitats européens présents (repris dans les guides pratiques liés à l'eutrophisation et à l'acidification par l'air), un avis sera rendu sur l'incidence potentielle de l'eutrophisation et de l'acidification résultant des dépôts de NO_x et de SO₂ par la CND. Le cadre d'évaluation issu des guides pratiques liés à l'acidification et à l'eutrophisation, présenté au Tableau 2-51, sera utilisé dans ce contexte.

Tableau 2-51 Cadre d'évaluation de l'eutrophisation et de l'acidification issu des guides pratiques de l'ANB liés à l'eutrophisation et à l'acidification par l'air

Part du dépôt X prévu par rapport à la valeur critique de dépôt (VCD) de l'habitat sensible concerné	Rapport entre les émissions à autoriser par rapport à l'activité actuelle	Technique à appliquer, à inclure comme condition dans l'autorisation
X < 5 %	Non pertinent	Mesures courantes de réduction des émissions (MTD)
5 ≤ X < 50 %	Non pertinent, à condition de parvenir à une réduction substantielle	Mesures supplémentaires de réduction des émissions imposées le cas échéant en vue de parvenir à la réduction
X ≥ 50 %	Pertinent	/

- Perturbations :
 - considérablement négative :
 - incidence permanente ou incidence temporaire pendant les périodes de vulnérabilité (période de reproduction, hivernage... selon la zone),
 - zone vulnérable à très vulnérable aux perturbations,
 - présence d'espèces sensibles à très sensibles aux perturbations,
 - contribution sonore résultant du plan/projet supérieure à 55 dB(A) ;
 - négative :

²⁵ <https://pww.natuurenbos.be/eutrofiering-de-lucht>

²⁶ <https://pww.natuurenbos.be/verzuring-lucht>

- incidence temporaire en dehors des périodes de vulnérabilité (période de reproduction, hivernage... selon la zone),
 - zone vulnérable à très vulnérable aux perturbations,
 - présence d'espèces sensibles à très sensibles aux perturbations,
 - contribution sonore résultant du plan/projet comprise entre 50 et 55 dB(A) ;
- négativement limitée :
 - incidence permanente ou temporaire,
 - zone non vulnérable, peu vulnérable ou vulnérable aux perturbations,
 - présence d'espèces peu sensibles, sensibles ou très sensibles aux perturbations,
 - contribution sonore résultant du plan/projet inférieure à 50 dB(A) ;
- négligeable :
 - incidence permanente ou temporaire,
 - zone non vulnérable ou peu vulnérable aux perturbations,
 - absence d'espèces sensibles aux perturbations.
- Captage d'eau : l'impact du captage d'eau sur la biodiversité consiste à décrire et à évaluer quelles espèces sont affectées par le captage d'eau. La centrale nucléaire a toutefois mis en œuvre différentes mesures afin de minimiser la prise de poissons et d'autres espèces. La description et l'évaluation de ce groupe d'incidence seront effectuées de manière qualitative, sur la base des données de la centrale nucléaire.
- Déversement d'eaux de refroidissement : l'analyse du déversement d'eaux de refroidissement à hauteur de la CND se déroule en trois temps :
 - on fournit tout d'abord un résumé de la hausse de température mesurée et de la taille du panache de chaleur résultant du déversement des eaux de refroidissement de la CND. Pour une description détaillée, il est fait référence à la discipline Eau ;
 - on étudie ensuite les incidences directes et indirectes susceptibles de se produire à la suite d'une hausse de température due au déversement d'eaux de refroidissement. Les incidences directes concernent les incidences générales sur les organismes et les communautés aquatiques, les incidences spécifiques sur les poissons et les incidences spécifiques sur le plancton et les macro-invertébrés. Les incidences potentielles des panaches thermiques sur les espèces exotiques sont également commentées ;
 - on évalue enfin les incidences potentielles du déversement des eaux de refroidissement de la CND sur les organismes. Les résultats de l'échantillonnage du stock de poissons dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND sont utilisés à cet effet (Breine & Van Thuyne, 2013A).
- Déversement de substances chimiques :
 - considérablement négative : le projet comporte un risque de détérioration de la qualité de l'eau dans les zones protégées européennes ou flamandes ;
 - négative : le projet comporte un risque de détérioration de la qualité de l'eau en dehors des zones protégées européennes ou flamandes et/ou comporte un risque limité de détérioration de la qualité de l'eau dans les zones protégées européennes ou flamandes ;
 - négativement limitée : le projet comporte un risque limité de détérioration de la qualité de l'eau en dehors des zones protégées européennes ou flamandes ;

- négligeable : le projet n'altère pas la qualité de l'eau ou le risque d'une telle altération est négligeable ;
- positivement limitée : le projet implique une amélioration limitée de la qualité de l'eau en dehors des zones protégées européennes ou flamandes ;
- positive : le projet implique une amélioration de la qualité de l'eau en dehors des zones protégées européennes ou flamandes ;
- considérablement positive : le projet implique une amélioration de la qualité de l'eau dans les zones protégées européennes ou flamandes.

2.5.2 Situation de départ

2.5.2.1 Localisation des zones naturelles

La CND est entourée de diverses zones naturelles et zones protégées de grande valeur. Ces zones se situent pour la plupart sur les rives de l'Escaut et sont protégées au niveau tant européen que flamand.

2.5.2.1.1 Zones Natura 2000

La structure naturelle du domaine d'étude délimité est principalement représentée au niveau européen par les zones spéciales de conservation ci-dessous (cf. Annexe A – Carte 14).

- **Zone Oiseaux BE2301336 « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ».** Cette zone comprend la zone de polders sur la rive gauche, aujourd'hui en grande partie occupée par le port, et une zone de polders plus restreinte sur la rive droite, ainsi que le Galgenschoor et le Groot Buitenschoor. Le site de la CND est entouré par la zone Oiseaux sur la rive gauche et la chevauche par endroits. Étant donné que certaines infrastructures portuaires (notamment le dock Deurganck) empiètent sur la zone Oiseaux sur la rive gauche, une partie considérable de la nature a disparu. Afin de compenser cette perte de valeurs naturelles, un certain nombre de zones ont été délimitées et aménagées en zones appelées « zones de compensation ». À proximité de la CND, on retrouve les zones de compensation aménagées (cf. paragraphe 2.5.2.2.5) suivantes : Paardenschor (cf. paragraphe 2.5.2.2.3), Doelpolder Noord et Brakke Kreek. La zone Doelpolder Midden doit encore être aménagée.
- **Zone Habitats BE2300006 « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent ».** Cette zone comprend le chenal de l'Escaut, les slikkes et schorres le long de l'Escaut, mais aussi la zone Paardenschor située au-delà des digues. La CND est située en bord d'Escaut et à la lisière de cette zone Habitats.

Ces deux zones spéciales de conservation se chevauchent à hauteur des rives de l'Escaut.

La zone Oiseaux BE2300222 « De Kuifeend en de Blokkersdijk » et la zone Habitats BE2100045 « Historische fortengordels van Antwerpen als vleermuizenhabitat » sont situées à plus de 3 km du site industriel de la CND. Elles se trouvent en dehors de la sphère d'influence des activités de la CND en raison de leur situation plus éloignée par rapport au site industriel, mais aussi compte tenu des incidences attendues des activités de la CND sur la biodiversité.

Sur le territoire néerlandais, le « Verdrongen land van Saeftinghe » fait partie de la zone Natura 2000 « Westerschelde & Saeftinghe » et est répertorié en tant que zone Habitats et Oiseaux (NL9803061). Cette

zone se situe à plus de 3 km au nord de la CND et sort donc du domaine d'étude. D'autres zones Natura 2000 aux Pays-Bas (p. ex. Oosterschelde, Markiezaat et Brabantse Wal) sont encore plus éloignées (> 10 km) de la CND. Ces zones se trouvent en dehors de la sphère d'influence des activités de la CND en raison de leur situation plus éloignée par rapport au site industriel, mais aussi compte tenu des incidences attendues des activités de la CND sur la biodiversité.

2.5.2.1.2 Zones Ramsar

Les zones Ramsar sont des zones humides d'importance internationale (wetlands) répertoriées en raison de leur importance pour les oiseaux aquatiques, la biodiversité et les stocks de poissons.

Le **Galgenschoor**, le **Groot Buitenschoor** et les **Schorren van Ouden Doel** sont répertoriés en tant que zones Ramsar (Ramsar n° 327, cf. Annexe A – Carte 16). La distance qui sépare le Galgenschoor et le Groot Buitenschoor de la CND s'élève respectivement à 1,2 km et 2,7 km. Ces zones sont situées sur la rive droite de l'Escaut. Le Schor Ouden Doel se trouve quant à lui à moins de 1 km du site de la CND et fait donc partie du domaine d'étude. Les zones Ramsar se situent sur les rives de l'Escaut et chevauchent la zone Oiseaux et la zone Habitats.

2.5.2.1.3 Zones VEN

Les « **Slikken en schorren langsheen de Schelde** » sont répertoriés en tant que « grandes entités naturelles » (GEN - Grote Eenheden Natuur) (zone n° 304) et font partie du réseau écologique flamand (VEN) (cf. Annexe A – Carte 17). Le site de la CND est adjacent à cette zone VEN.

La voie navigable de l'Escaut et les slikkes et schorres adjacents sont très dynamiques en raison de l'effet des marées et ont une très grande valeur écologique. La productivité naturelle élevée de l'écosystème a des répercussions sur l'ensemble de la chaîne alimentaire, tant en termes d'espèces que d'effectifs. Le gradient d'eau salée-saumâtre-douce présent dans les zones de marées joue un rôle important. En raison de la structure qui définit le paysage, cette zone se situe sur la route migratoire de la faune migratrice. Les rives de l'Escaut constituent des zones de liaison majeures entre les grandes zones naturelles (Verdrongen land van Saeftinghe), les autres grandes étendues saumâtres (Galgenschoor, Groot buitenschoor, Schor Ouden Doel) et les zones de compensation plus récentes faites de slikkes et de schorres (Ketenisseschor, Paardenschor, Prosperpolder, Lillo-Potpolder...) le long de l'Escaut. Les rives ont donc une importante fonction de réseau. Les zones mentionnées ci-dessus font toutes partie de la zone VEN. Les rives de l'Escaut à hauteur de la CND entrent également dans le périmètre de cette zone VEN.

Les zones VEN à hauteur des rives de l'Escaut chevauchent la zone Oiseaux, la zone Habitats et la zone Ramsar.

2.5.2.1.4 Réserves naturelles

Les « **Schorren van Ouden Doel** » sont une réserve naturelle reconnue (réserve n° E-110) située sur la rive gauche de l'Escaut (cf. paragraphe 2.5.2.2.4). Cette réserve chevauche la zone Oiseaux, la zone Habitats, la zone Ramsar et la zone VEN. Le Schor Ouden Doel est situé à moins de 1 km au nord du site de la CND. Plus loin le long de l'Escaut se trouvent le **Galgenschoor** et le **Groot Buitenschoor** (réserve n° E-021). Ces deux réserves naturelles sont situées sur la rive droite de l'Escaut, à respectivement 1,2 km et 2,7 km de la CND.

2.5.2.1.5 Autres zones importantes pour la nature

D'autres zones importantes à proximité de la CND sont le **Hedwigepolder** et le **Prosperpolder** (cf. paragraphe 2.5.2.2.6 ; Figure 2-42). Le Prosperpolder se situe à minimum 0,9 km au nord-ouest de la CND. Le Hedwigepolder est relié à ce dernier à cet endroit et se trouve de l'autre côté de la frontière néerlandaise, à une distance minimale de 2,1 km. Ces deux zones font partie de la zone intertidale transfrontalière en cours de développement. Ces polders sont rattachés au Verdrongen Land van Saeftinghe et forment une zone naturelle d'importance internationale d'environ 4 000 ha.

À proximité de la CND, on retrouve les **zones de compensation** aménagées du **Paardenschor**, du **Doelpolder Noord** et de la **Brakke Kreek** (cf. paragraphes 2.5.2.2.3 et 2.5.2.2.5). Ces zones sont reliées au Schor Ouden Doel et au Hedwigepolder et constituent des zones importantes pour la biodiversité depuis plusieurs années. La localisation de ces zones est présentée à la Figure 2-42.

Les autres zones autour de la CND ont été préservées en tant que polders (**Doelpolder, Arenbergpolder**). Ces zones de polders (cf. paragraphe 2.5.2.2.7) font partie de la zone Oiseaux à sur la rive gauche. Le Doelpolder Midden pourra, à terme, être aménagé en milieu à marées (**zone à marée réduite contrôlée (GGG - gecontroleerd gereduceerd getijdengebied) Doelpolder**), au même titre que la zone d'oiseaux des prés Doelpolder Noord. Ce développement naturel ne peut toutefois pas se poursuivre comme prévu pour l'instant en raison de l'invalidation du GRUP « Afbakening Zeehavengebied Antwerpen – Havenontwikkeling Linkeroever »²⁷.

²⁷ Le vendredi 12 mai 2017, le Conseil d'État a invalidé le plan régional d'aménagement du territoire (GRUP - Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan) d'avril 2013 visant à délimiter la zone portuaire maritime d'Anvers sur la rive gauche de l'Escaut. Par conséquent, les plans d'expropriation des hameaux de Ouden Doel et Rapenburg et des zones naturelles Prosperpolder Zuid phase 1, Doelpolder Midden, Nieuw Arenberg phase 1 et Grote Geule sont annulés. Le GRUP reste toutefois d'application sur la rive droite de l'Escaut. Le Conseil d'État affirme que le développement portuaire et le développement naturel sur la rive gauche de l'Escaut sont inextricablement liés. Étant donné que le Conseil avait déjà invalidé le GRUP lié au développement portuaire le 20 décembre 2016, il estime aujourd'hui que le GRUP lié au développement naturel doit également être invalidé. Cela signifie que toutes les zones qui étaient répertoriées comme « naturelles » dans le GRUP (Prosperpolder Zuid phase 1, Nieuw Arenberg phase 1, Doelpolder Midden et Grote Geule) relèvent dorénavant de l'affectation définie dans le plan régional de 1978. D'importantes zones de la rive gauche de l'Escaut portent à présent à nouveau l'affectation mixte « agriculture/expansion du port ». Le Conseil avait déjà fait une exception pour la partie occidentale du Logistiek Park Waasland, qu'il confirme désormais, de sorte que l'affectation portuaire est maintenue cet endroit.

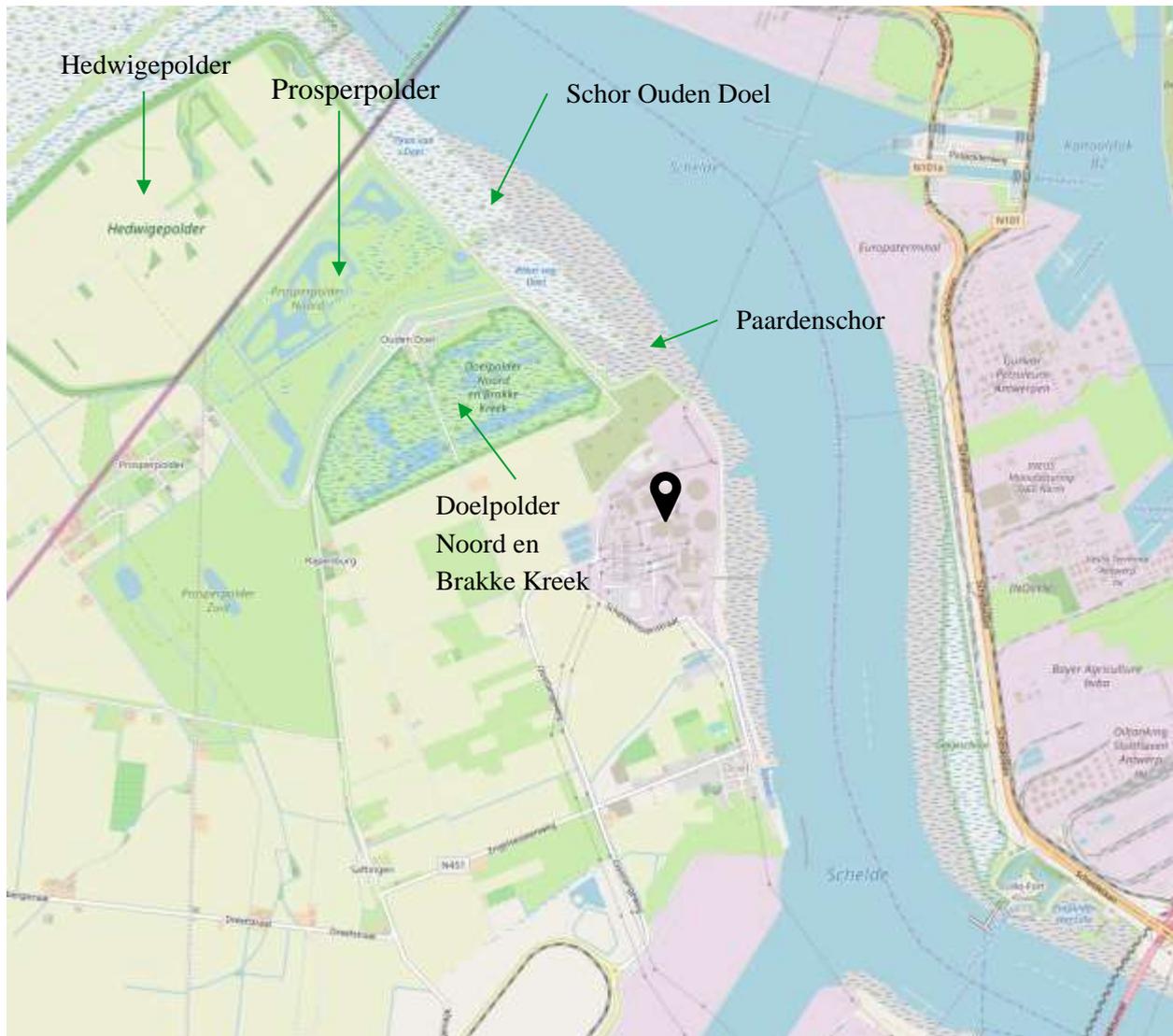


Figure 2-42 Autres zones importantes pour la nature à proximité de la CND

L'Escaut et son environnement immédiat sont une **zone d'intérêt faunistique**. Selon l'atlas flamand des risques liés aux éoliennes pour les oiseaux (Vlaamse risicoatlas vogels-windturbines) (INBO, 2011), différentes zones de reproduction, zones d'oiseaux des prés, zones de repos et zones de séjour pour les oiseaux sont présentes à hauteurs des slikkes et des schorres, des polders et des docks. L'Escaut est une route migratoire importante pour les oiseaux ; de nombreuses espèces viennent y séjourner ou y hiverner. De nombreux oiseaux survolent les alentours du site de Doel, de et vers leur lieu de repos, leur lieu de séjour ou leur lieu d'alimentation. La CND est presque entièrement entourée par la zone de séjour Beveren Linkeroever Polders. D'autres zones importantes sont : Zeeschelde Nederlandse Grens - Lillo (zone de séjour), Linkeroever (zone de reproduction), Galgeschoor et Groot Buitenschoor (zone de reproduction et de séjour), le Kanaaldok B2, le Kanaaldok B3, l'écluse de Zandvliet, le dock Doel et le dock Deurganck (cf. Figure 2-43). Les routes migratoires des oiseaux évitent le site de la CND à proprement parler, mais un trafic migratoire important circule autour du site pour des raisons de repos,

d'alimentation et de saison. Depuis 1996, les tours de refroidissement de la CND sont un lieu de reproduction pour le faucon pèlerin, en raison de la présence d'un nichoir. Le nombre de faucons pèlerins nés à ce lieu de reproduction entre 2013 et 2019 est indiqué ci-dessous.

- 2013 : 1
- 2014 : 3
- 2015 : 4
- 2016 : 0
- 2017 : 4
- 2018 : 3
- 2019 : 0





Figure 2-43 Zones de reproduction et zones de séjour importantes à proximité de la CND

2.5.2.2 Description des zones naturelles

Vous trouverez ci-dessous une description condensée des différentes zones naturelles voisines de la CND qui entrent dans le périmètre du domaine d'étude. Ces zones naturelles sont protégées au niveau tant flamand qu'europpéen.

2.5.2.2.1 L'Escaut et ses rives

L'Escaut et ses rives font partie de la **zone Habitats** « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent ». Certaines parties des rives de l'Escaut appartiennent également à la **zone Oiseaux** « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et/ou à la **zone VEN** « Slikken en schorren langsheen de Schelde ».

L'Escaut désigne ici à la fois la zone aquatique et son environnement immédiat, à savoir les rives jusqu'aux digues. Les rives de l'Escaut forment des bandes étroites le long du fleuve et sont délimitées par les digues. Les rives de l'Escaut sont protégées au niveau flamand et au niveau européen : elles sont répertoriées dans le plan régional en tant que zone naturelle, réserve naturelle, zone naturelle de servitude (à l'égard des lignes de transmission et des pipelines) ou zone à valeur particulière et certaines parties des rives sont répertoriées en tant que zone VEN et/ou en tant que zone Habitats.

2.5.2.2.1.1 Biotopes

Un estuaire est la partie aval d'un fleuve influencée par l'effet de marée de la mer. Contrairement aux bras de mer et aux lagunes, les estuaires sont alimentés par un flux constant d'eau douce de rivière. Cela crée un gradient d'eau douce-salée typique depuis l'intérieur des terres (eau douce) vers l'embouchure du fleuve (eau salée). Dans l'étendue saumâtre, on observe de fortes fluctuations de la salinité. Le mélange d'eau douce et d'eau salée et la réduction de la vitesse d'écoulement entraînent la sédimentation de fines particules de limon. Il en résulte un système très dynamique de chenaux secondaires, d'eaux peu profondes, de plateaux, de slikkes et de schorres. Les slikkes sont inondées deux fois par jour ; les schorres plus élevés ne sont inondés qu'aux marées de tempête et aux marées de vive-eau. En raison de la construction de digues, ces rives ont été réduites à des bandes étroites et ont été séparées de la zone intérieure des digues, les Scheldepolders.

Les estuaires sont des écosystèmes très riches d'un point de vue biologique. La formation de divers gradients (doux-salé, limoneux-sableux, etc.) dans ces milieux à marées assure une grande diversité d'organismes, bien que le nombre d'espèces soit plutôt faible dans les zones saumâtres. Outre cette diversité, les estuaires sont extrêmement productifs. La production annuelle de matière organique est bien plus élevée dans les estuaires que dans les rivières et les mers. Cette production primaire élevée a toujours été exploitée par l'homme. Les estuaires sont d'ordinaire de bons lieux de pêche et des zones particulièrement propices à l'aquaculture.

L'estuaire de l'Escaut a été gravement endommagé par l'intervention humaine au cours du XX^e siècle. Il a été sans cesse soumis à la poldérisation et à l'endiguement. Le port d'Anvers est devenu un port de classe mondiale et le chenal a, de ce fait, été dragué toujours plus profondément et toujours plus largement. Les principaux obstacles au fonctionnement écologique de l'estuaire de l'Escaut sont les modifications hydromorphologiques, l'augmentation de l'énergie marémotrice, la mauvaise qualité de l'eau et la pollution du fond de l'eau. À la suite de l'endiguement et de l'approfondissement de l'Escaut,

la surface des slikkes et des schorres a fortement diminué au cours des 150 dernières années. En 2003, cette surface ne représentait plus qu'un tiers de celle de 1850. Les zones intertidales restantes ne sont que peu durables à certains endroits, car elles sont soumises à une forte pression hydromorphologique. La zone de transition entre le chenal et le schorre est de plus en plus abrupte. Les slikkes et les bas et moyens schorres deviennent vulnérables et s'érodent sous l'effet de l'augmentation de l'énergie marémotrice. Les zones de transition progressives disparaissent et on assiste à la formation de hautes falaises, susceptibles de disparaître sous l'effet de l'érosion (« coastal squeeze »).

Au cours des dernières décennies, le changement de la politique locale et internationale en matière de nature et d'environnement (plus précisément la poursuite d'une gestion plus intégrée de l'estuaire) a toutefois donné naissance à un certain nombre d'initiatives, dont le nouveau plan Sigma, ce qui permet d'envisager lentement un revirement de situation.

Les slikkes et schorres situés au-delà des digues à hauteur de la CND ont un caractère saumâtre. Plus au sud d'Anvers, l'influence de la mer diminue et on retrouve des schorres d'eau douce. Les slikkes et schorres présents sur la rive gauche de l'Escaut sont le Schor Ouden Doel et le Paardenschor, au nord de la CND. Les schorres de Ketenisse, au sud de la CND, sont plus éloignés et sortent du domaine d'étude. À hauteur de la CND se trouve une zone de transition étroite et abrupte entre la digue et l'Escaut, ce qui ne laisse que peu d'espace aux slikkes et schorres, qui sont donc peu développés à cet endroit. Sur la rive droite, les slikkes et schorres les plus précieux sont le Galgenschoor et le Groot Buitenschoor, situé plus au nord.

Le long des rives de l'Escaut, on distingue clairement différentes ceintures de végétation, à savoir une végétation herbacée sur les parties les plus élevées du schorre et sur les digues ; et des bordures de roseaux et des zones de chiendent du littoral et de scirpe maritime sur les parties moins élevées du schorre. La slikke est une plaine vaseuse située entre la ligne de flottaison et le schorre plus élevé. La faune et la flore du sol sont riches à cet endroit, on y trouve de nombreux organismes unicellulaires (p. ex. diatomées, algues bleues) et peu ou pas de végétation (p. ex. salicorne, spartine).

Les plantes de schorre associées à l'influence du sel comprennent le scirpe maritime, le troscart maritime, la cochléaire officinale, la glaux maritime, la puccinellie maritime, le jonc de Gérard et l'arroche hastée. Les plantes hygrophiles sont le roseau, la renouée amphibie, la patience des marais, la patience à feuilles obtuses, le liseron des haies et le lycophe d'Europe. Les plantes à préférence moins spécifique sont la grande ortie, la petite bardane, le cirse des champs et le cerfeuil sauvage.

Sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13), la végétation des digues et des berges le long de l'Escaut, sur la rive gauche à hauteur de la CND, est désignée en tant que « végétation de valeur biologique » ou « végétation de grande valeur biologique ». La végétation de grande valeur biologique comprend les slikkes (ds), les schorres (da), les végétations de scirpe maritime (mz), les roselières (mr) et les prairies de fauche (hu). La végétation de valeur biologique comprend les digues (kd), les mégaphorbiaies (mru), l'entreposage de toute nature avec présence de saule (sz+sal), les végétations rudérales (ku) et les broussailles (ku/kz) dans les terres récupérées.

Sur la carte des habitats Natura 2000 (cf. Annexe A – Carte 15), l'Escaut est répertorié en tant que type d'habitat 1130 « Estuaires ». La rive de l'Escaut fait également partie du type d'habitat 1130 « Estuaires » ; les végétations de schorre le long de la CND étant répertoriées en tant que type d'habitat

1330_da « Schorres au-delà des digues » et les roselières le long de la CND étant répertoriées en tant que biotope d'importance régionale « Roselières et autres phragmites » (rbbmr). Une zone limitée sur la rive de l'Escaut à hauteur du point d'extraction Doel 1/2 de la CND est répertoriée en tant que type d'habitat 6430_mr « Roselières à guimauve officinale, à gesse des marais et/ou à laiteron des marais ». Une zone limitée sur la rive de l'Escaut au sud du point d'extraction Doel 1/2 de la CND est répertoriée en tant que biotope d'importance régionale « Broussailles épineuses de sols argileux » (rbbbsp). La Scheldedijk au nord de la CND est répertoriée en tant qu'habitat incertain pour le type d'habitat 6510,gh « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental ou absence de type d'habitat au sens de la directive Habitats ». La Scheldedijk au sud de la CND est répertoriée en tant qu'habitat partiel pour le type d'habitat 6510_hu « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental ».

Sur la carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015) présentée à la Figure 2-44, on peut déduire ce qui suit, d'est en ouest, pour l'Escaut et sa rive gauche à hauteur de la CND :

- le chenal de l'Escaut à l'est de la levée se caractérise par une zone subtidale profonde ;
- la zone située à l'intérieur de la levée se caractérise par une zone subtidale moyennement profonde, avec une transition vers une zone subtidale peu profonde étroite ;
- la zone de slikke le long de la rive gauche de l'Escaut à hauteur de la CND repose entièrement sur un substrat meuble (à l'exception de la zone de slikke au point de déversement de la CND, qui repose sur un substrat anthropique) et se caractérise par une zone étroite de basse slikke, avec une transition vers un large bande de moyenne slikke et une zone étroite de haute slikke ;
- une étroite zone de schorre est présente en bordure du site de la CND.

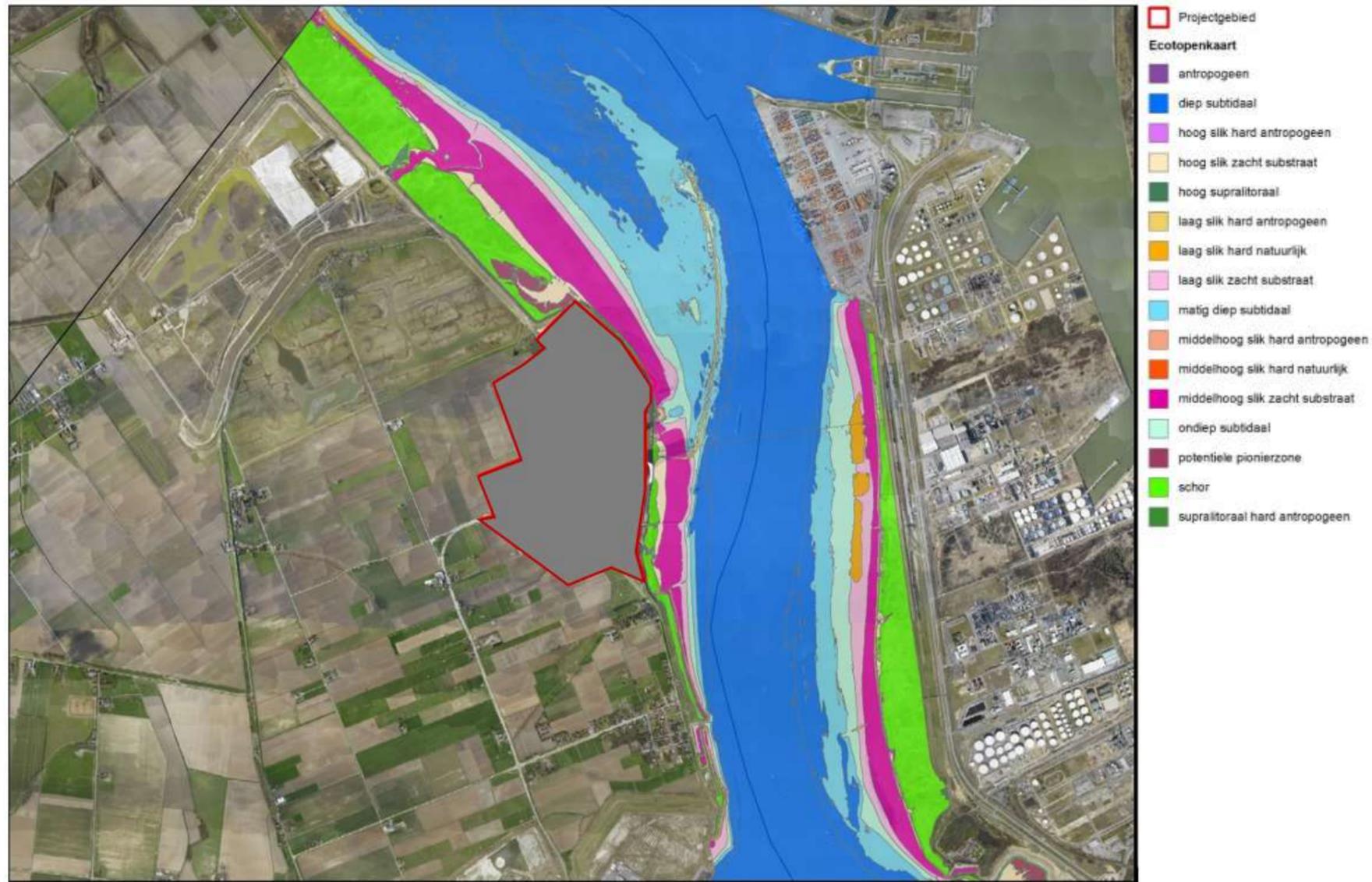


Figure 2-44 Carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015)

2.5.2.2.1.2 Benthos

L'importante réserve de nourriture dans les estuaires donne également lieu à une forte concentration d'invertébrés de fond : le benthos. On y trouve d'importantes populations de crevettes grises, un grand nombre de crustacés comme la telline baltique et la mye des sables, ainsi que diverses espèces de vers comme l'hermelle et le nématode. Cette riche faune de fond est une source de nourriture à la fois pour les oiseaux et pour les poissons. Si les oiseaux fouillent les slikkes à marée basse et se reposent dans les schorres à marée haute, les poissons font exactement le contraire : ils arpentent les hauts-fonds à marée haute et se reposent dans les chenaux à marée basse.

2.5.2.2.1.3 Poissons

Les estuaires jouent également un rôle important dans le cycle de vie de nombreux poissons. La composition des espèces de la communauté de l'Escaut maritime inférieur varie cependant au cours de l'année. En été et en automne, l'estuaire a une fonction de nurserie, où se nourrissent les larves et les juvéniles de certaines espèces, comme la crevette et le goujon. En hiver, l'Escaut maritime inférieur a une fonction d'hivernage pour des espèces telles que le hareng, le sprat et le bar commun. Au printemps, l'estuaire a une importante fonction de passage pour certaines espèces migratrices comme le mullet porc, la lamproie, l'anguille et le flet. Plusieurs espèces de poissons d'eau douce (carassin, brème bordelière, grémille, bouvière et gardon) sont également présentes en raison des plus faibles niveaux de salinité (Maes et al., 1996).

L'INBO assure un suivi annuel du stock de poissons maritime trois fois par an (mai, juillet et septembre) au moyen de filets à l'étagage dans l'estuaire de l'Escaut, ainsi que le long du gradient estuarien, à savoir Doel, Anvers, Steendorp et Branst. Les observations ci-dessous valent pour la situation de départ 2013 et 2014 (Breine & Van Thuyne, 2013B et 2014).

L'éperlan s'avère être l'espèce la plus abondante dans l'Escaut maritime. Tous les stades de vie (larves, juvéniles et adultes) ont été capturés, ce qui indique que cette espèce diadrome fraie avec succès dans l'Escaut maritime.

Des aloses feintes adultes ont à nouveau été capturées. En dépit du fait qu'une activité de frai ait été observée et que des œufs aient été attrapés à l'aide d'un filet bongo, le recrutement n'est manifestement pas un succès, car ni larves ni juvéniles d'alose feinte n'ont été capturés.

La présence de juvéniles d'anchois, de hareng et de bar commun montre que certaines espèces marines utilisent l'Escaut maritime en guise de nurserie, à l'image du flet diadrome.

La crevette grise et la grande crevette rose remontent loin en amont dans l'Escaut maritime.

Les constatations suivantes s'appliquent plus particulièrement à hauteur de Doel :

- à Doel, les données annuelles montrent plus d'espèces au jusant qu'au flot ;
- à hauteur de Doel, on trouve principalement des poissons marins et estuariens ;
- sur les 4 sites de suivi, le plus grand nombre d'espèces est capturé à Doel (zone mésohaline) ;
- sur les 4 sites de suivi, le plus petit nombre d'individus d'espèces exotiques et le plus faible pourcentage relatif d'espèces exotiques sont observés à Doel (zone mésohaline).

Les observations ci-dessous valent pour la période 2015-2019 (Breine & Van Thuyne, 2015, 2016, 2017, 2018 et 2019).

L'éperlan s'avère être l'espèce la plus abondante dans l'Escaut maritime. Tous les stades de vie (larves, juvéniles et adultes) ont été capturés, ce qui indique que cette espèce diadrome fraie avec succès dans l'Escaut maritime.

Des aloses feintes adultes ont été capturées. Contrairement à 2014, des juvéniles d'aloise feinte ont été capturés chaque année entre 2015 et 2019, ce qui indique qu'un recrutement a eu lieu.

La présence de juvéniles de sprat, de hareng et de bar commun montre que certaines espèces marines utilisent l'Escaut maritime en guise de nurserie, à l'image du flet diadrome.

La crevette grise et la grande crevette rose remontent loin en amont dans l'Escaut maritime.

Entre 2012 et 2017, le nombre d'individus d'espèces exotiques capturés a augmenté sur presque tous les sites. Le nombre élevé d'espèces exotiques en 2016 et 2017 est principalement dû au grand nombre de sandres.

Entre 2012 et 2019, on a également observé une augmentation du pourcentage relatif d'espèces exotiques sur les 4 sites de suivi.

Les constatations suivantes s'appliquent plus particulièrement à hauteur de Doel :

- à Doel, les données annuelles montrent plus d'espèces au jusant qu'au flot ;
- à hauteur de Doel, on trouve principalement des poissons marins et estuariens ;
- sur les 4 sites de suivi, le plus grand nombre d'espèces est capturé à Doel (zone mésohaline) ;
- sur les 4 sites de suivi, le plus petit nombre d'individus d'espèces exotiques et le plus faible pourcentage relatif d'espèces exotiques sont observés à Doel (zone mésohaline).

En 2013, l'INBO a réalisé un échantillonnage du stock de poissons au moyen de chaluts à perche dans le panache d'eaux de refroidissement (à l'intérieur de la levée) de la CND (Breine & Van Thuyne, 2013A). En novembre, 17 chalutages ont été effectués sur deux jours à l'intérieur et à l'extérieur de la levée de la CND. Le rapport répond aux questions suivantes :

- la zone située à l'intérieur de la levée présente-t-elle une abondance accrue d'espèces indigènes thermophiles par rapport à la zone à l'extérieur de la levée ? Si oui, de quelles espèces est-il question et en quels nombres sont-elles présentes ?
- La zone située à l'intérieur de la levée présente-t-elle une abondance accrue d'espèces exotiques par rapport à la zone à l'extérieur de la levée ? Si oui, de quelles espèces est-il question et en quels nombres sont-elles présentes ?

13 espèces de poissons ont été attrapées à l'intérieur de la levée, contre 7 à l'extérieur. Le flet a été le plus pêché. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, le gobie tacheté est la deuxième espèce la plus abondante, tandis que la part de soles augmente au flot. À l'extérieur de la levée, le goujon, le gobie buhotte et le gobie tacheté sont les espèces les plus abondantes. On y capture également plus de soles au flot. La sole migre généralement vers des eaux plus chaudes et plus profondes en automne et en hiver. Un seul poisson exotique a été rencontré à l'intérieur de la levée : un spécimen de gobie à taches noires. Cette espèce s'est également établie dans certains canaux et rivières. Verreycken (2013) affirme que le gobie à taches noires peut s'épanouir dans tous les types d'habitats. Son effet sur l'environnement est principalement lié à la concurrence pour la nourriture et l'habitat, ainsi qu'à la prédation. Un bar marin thermophile a également été capturé à l'intérieur de la levée. Une prise remarquable, étant donné que cette espèce avait été pêchée en sous-nombre dans l'Escaut maritime en 2013.

Outre des poissons, on a également remonté des crevettes et des crabes. Quatre spécimens de crevette d'Amano ont été capturés à l'intérieur de la levée. Le crabe chinois a été capturé en grand nombre : 274 spécimens à l'intérieur de la levée et 452 spécimens à l'extérieur. Les crevettes grises (18 096 spécimens attrapés) semblent se concentrer à l'intérieur de la levée, où l'on a aussi retrouvé de grandes crevettes roses en quantité moindre (544 spécimens).

Ces données de capture révèlent que l'ichtyofaune, ainsi que les crevettes et les crabes, ont tendance à s'attarder dans la zone située à l'intérieur de la levée, où la température de l'eau est plus élevée. Cette zone est également moins dynamique que la zone à l'extérieur de la levée. La présence du bar commun, une espèce marine thermophile, montre que cette espèce utilise la zone à l'intérieur de la levée en guise de refuge hivernal. La sole reste à l'intérieur et à proximité de la zone de la levée. Certaines espèces utilisent la zone réchauffée à l'intérieur de la levée en guise de nurserie. Cela indique donc la présence d'une abondance accrue d'espèces indigènes thermophiles (bar commun et sole) à l'intérieur de la levée.

La présence de poissons exotiques est insignifiante : un seul gobie à taches noires a été attrapé à l'intérieur de la levée. La grande crevette rose et le crabe chinois sont largement répandus dans l'Escaut maritime. On ne peut donc pas parler d'une abondance accrue d'espèces exotiques à l'intérieur de la levée (Breine & Van Thuyne, 2013A).

2.5.2.2.1.4 Oiseaux

L'Escaut et ses rives sont répertoriés en tant que zone d'intérêt faunistique. La richesse de la faune et de la flore du sol dans la slikke constitue une importante source de nourriture pour les oiseaux. Les rives de l'Escaut ont donc une importante fonction de passage, d'hivernage, de reproduction et d'élevage pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Les slikkes et schorres servent de lieu de repos aux mouettes, aux canards et aux oies.

L'INBO assure chaque année le suivi des oiseaux aquatiques dans l'Escaut maritime. Quelques-uns des **oiseaux aquatiques** courants dans l'Escaut maritime à hauteur de la CND sont énumérés ci-dessous (Van Ryckegem et al., 2014, 2015, 2016, 2017, 2018).

- Cormoran
- Tadorne de Belon
- Bécasseau variable
- Bernache du Canada
- Grèbe huppé
- Oie cendrée
- Vanneau huppé
- Avocette élégante
- Canard chipeau
- Fuligule morillon
- Canard pilet
- Huîtrier pie
- Canard siffleur
- Fuligule milouin

- Chevalier gambette
- Canard colvert
- Sarcelle d'hiver
- Courlis cendré
- Mouette mélanocéphale

Les observations ci-dessous s'appliquent aux oiseaux aquatiques pour la période de départ 2013 et 2014 (Van Ryckegem et al., 2014 et 2015).

- Les tendances générales des effectifs mensuels d'oiseaux le long de l'Escaut maritime en 2013 et 2014 restent similaires aux années précédentes. Les chiffres de l'hiver montrent une tendance à la baisse depuis 1999, se stabilisant depuis 2008 à environ 25 000 à 30 000 oiseaux d'hiver recensés. Le principal déclin est dû à une forte diminution du nombre de canards siffleurs et de sarcelles d'hiver. Les maxima hivernaux sont observés lors des mois de décembre et janvier. Les plus faibles nombres sont recensés en mars. L'Escaut maritime est l'une des plus importantes zones d'hivernage pour les oiseaux aquatiques en Flandre. L'importance internationale de l'Escaut maritime en tant que zone d'hivernage a cependant chuté et seul le canard chipeau atteint désormais la norme de 1 % (chiffres d'importance internationale). En ce qui concerne l'Escaut maritime en tant que zone Oiseaux, moins de 2 % (2013) et moins de 1 % (2014) de la population du nord-ouest de l'Europe ont passé l'hiver dans l'Escaut maritime. Contrairement aux attentes, on n'observe pas d'augmentation majeure du nombre d'espèces d'oiseaux piscivores. La population de grèbe huppé a au contraire chuté considérablement depuis la fin des années 1990 dans la zone mésohaline (à laquelle appartient le présent domaine d'étude).
- Le tadorne de Belon est l'« oiseau aquatique nicheur » dominant dans l'Escaut maritime. Le canard colvert est, après le tadorne de Belon, l'oiseau nicheur le plus répandu le long de l'Escaut maritime. Le canard chipeau n'est pas un nicheur commun le long de l'Escaut maritime.

Les observations ci-dessous s'appliquent aux oiseaux aquatiques pour la période 2015-2017 (Van Ryckegem et al., 2016, 2017 et 2018).

- Au cours des hivers 2015, 2016 et 2017, les effectifs mensuels d'oiseaux le long de l'Escaut maritime étaient dans l'ensemble légèrement inférieurs à ceux des années précédentes. L'importance internationale de l'Escaut maritime pour les oiseaux aquatiques hivernants est donc historiquement basse. Dans l'Escaut maritime, seul le canard chipeau atteint encore 1 % de la population estimée du nord-ouest de l'Europe.
- Après une période d'augmentation (2012-2015), on a constaté une diminution du nombre d'espèces d'oiseaux benthivores dans l'Escaut maritime inférieur.
- En conclusion générale, les effectifs d'oiseaux dans l'Escaut maritime affichent une tendance continue à la baisse.

Au cours de la période 2013-2017, tous les grands schorres saumâtres le long de l'Escaut maritime dans la zone d'objectifs de conservation (IHD - instandhoudingsdoelstellingen) (dont le Doelpolder Noord, le Doelpolder Midden, le Prosperpolder, le Schor Ouden Doel et le Paardenschor) ont fait l'objet d'un inventaire annuel en ce qui concerne les **oiseaux nicheurs** (Van Ryckegem et al.). Les espèces d'oiseaux ci-dessous viennent se reproduire chaque année dans la partie nord de la zone portuaire d'Anvers, sur la

rive gauche (cette zone comprend le Doelpolder Noord, le Doelpolder Midden, le Prosperpolder, le Schor Ouden Doel et le Paardenschor).

- Panure à moustache
- Gorgebleue à miroir
- Busard des roseaux
- Grèbe castagneux
- Avocette élégante
- Marouette ponctuée
- Phragmite des joncs
- Huïtrier pie
- Canard souchet
- Chevalier gambette

Les espèces plus rares (panure à moustache, avocette élégante, marouette ponctuée et chevalier gambette) ont montré une tendance stable au cours des cinq dernières années. À plus long terme, le busard des roseaux montre une tendance à la baisse. L'importance des espèces plus communes (gorgebleue à miroir, grèbe castagneux, phragmite des joncs, canard souchet et sarcelle d'été) augmente à mesure que des zones Sigma sont aménagées.

Parmi les espèces qui se reproduisent chaque année dans la zone IHD de l'estuaire de l'Escaut, une partie considérable de la population de barge à queue noire, de locustelle lusciniôide, de blongios nain et de sarcelle d'été est observée en dehors du port. Jusqu'en 2017, plusieurs espèces ne sont que rarement venues se reproduire dans la zone IHD de l'estuaire de l'Escaut (rousserolle turdoïde, bihoreau gris, râle des genêts, spatule blanche, butor étoilé et tarier des prés) ou n'ont jamais été répertoriées en tant qu'oiseaux nicheurs (héron pourpré).

2.5.2.2.1.5 Mammifères

Chaque année, des phoques remontent l'Escaut maritime en faibles nombres et y restent plus ou moins longtemps. Cette espèce ne se reproduit pas dans la partie belge de l'estuaire de l'Escaut. Le marsouin commun est, en outre, régulièrement observé dans l'Escaut maritime. Il ne semble toutefois pas être question d'un véritable retour de l'espèce dans l'Escaut maritime pour l'instant (Van Ryckegem et al., 2014, 2015, 2016 et 2017).

Les chauves-souris s'observent plutôt dans les forêts denses ou fragmentées et dans les zones humides de petite taille ou les paysages dotés de berges boisées et de rangées d'arbres. Le murin des marais est présent à proximité des grands étangs, des rivières et des canaux. L'Escaut proprement dit n'est cependant pas une région connue. Il n'y a pas de route aérienne connue pour les chauves-souris à proximité de la CND (Baetens et al. 2016).

2.5.2.2.2 Galgenschoor

Le Galgenschoor fait partie de la **zone Habitats** « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et de la **zone VEN** « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Le Galgenschoor appartient également à la **réserve naturelle reconnue** « Groot Buitenschoor en Galgenschoor » et est répertorié en tant que **zone Ramsar**.

Le Galgenschoor, qui s'étend sur environ 46 ha et 2 km de long, se trouve à l'est de la CND, sur la rive droite de l'Escaut, entre Fort Lillo et le terminal Europa. Il s'agit d'un schorre saumâtre de grande valeur, situé sur le territoire des communes de Zandvliet et Lillo. La partie sud du Galgenschoor est reliée à la réserve de Fort Lillo par une bande étroite de roseaux.

L'ensemble du Galgenschoor est désigné sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13) en tant que « zone de grande valeur biologique » comportant des slikkes (ds), des schorres (da) et des roselières (mr). On y retrouve le type d'habitat européen 1130 « Estuaires », ainsi que le type d'habitat 1330 « Prés salés atlantiques (*Glaucopuccinellietalia maritima*) » dans les zones légèrement plus élevées, qui sont inondées non pas à chaque marée haute, mais uniquement aux marées de vive-eau. Le Galgenschoor abrite, par ailleurs, le biotope d'importance régionale « Roselières et autres phragmites ».

Sur la carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015) présentée à la Figure 2-44, on peut déduire ce qui suit, d'est en ouest, pour la zone de slikke et de schorre à hauteur du Galgenschoor :

- la zone la plus à l'ouest est caractérisée par une zone de schorre qui est plus large au sud et qui se rétrécit vers le nord ;
- le schorre se transforme en une zone de slikke caractérisée par : moyenne slikke à substrat meuble, basse slikke à substrat meuble, 3 zones restreintes de basse slikke dure naturelle ;
- la slikke se transforme en une zone subtidale peu profonde et une zone subtidale profonde.

La valeur faunistique du Galgenschoor est principalement déterminée par l'avifaune. Les milieux à marée comme le Galgenschoor recèlent une grande valeur pour de nombreuses espèces d'oiseaux, principalement en raison du gradient d'eau salée-douce. Ces milieux comportent également un aspect saisonnier très net : il y a les oiseaux nicheurs, les oiseaux de passage et les oiseaux hivernants.

En raison de la présence d'une abondante faune invertébrée dans les zones de slikke et de sable, un grand nombre d'échassiers, comme le pluvier et le bécasseau minute, viennent régulièrement s'y nourrir. À marée haute, les schorres constituent également un refuge pour divers échassiers, qui fouillent les slikkes ou les plages environnantes.

2.5.2.2.3 Paardenschor

Le Paardenschor fait partie de la **zone Habitats** « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et de la **zone Oiseaux** « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », mais ne fait pas partie de la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ».

Le Paardenschor se situe au nord de la CND, juste à côté du site de la centrale nucléaire. Cette zone située au-delà des digues, qui est influencée par les marées, a été réaménagée en 2004 afin de compenser la perte de valeurs naturelles lors de la construction du dock Deurganck. L'objectif est le développement de slikkes et de schorres. La majeure partie de la surface est occupée par des slikkes. L'expansion spatiale du schorre est limitée à la périphérie de la zone. Les principales végétations rencontrées sont l'aster maritime, le scirpe maritime et le roseau. La zone est reliée au Schor Ouden Doel, situé plus au nord, qui comprend principalement des hauts schorres. Dans la phase initiale, la vaucheria était la végétation dominante, mais celle-ci a presque entièrement disparu en raison de la colonisation par des plantes plus hautes.

Sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13), le Paardenschor est désigné en tant que zone de slikke et de schorre (ds + da) de grande valeur biologique comprenant des roselières (mr) et des végétations de scirpe maritime (mz).

Sur la carte des habitats Natura 2000 (cf. Annexe A – Carte 15), le Paardenschor est répertorié en tant que type d'habitat 1130 « Estuaires » ; les végétations de schorre étant répertoriées en tant que type d'habitat 1330_da « Schorres au-delà des digues » et les roselières étant répertoriées en tant que biotope d'importance régionale « Roselières et autres phragmites » (rbbmr). Une zone limitée du Paardenschor est répertoriée en tant que type d'habitat 1310_zk « Végétations pionnières à *Salicornia* ». La Scheldedijk le long du Paardenschor est répertoriée en tant qu'habitat incertain pour le type d'habitat 6510_gh « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental ou absence de type d'habitat au sens de la directive Habitats ».

Sur la carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015) présentée à la Figure 2-44, on peut déduire ce qui suit, d'est en ouest, pour la zone de slikke et de schorre à hauteur du Paardenschor :

- une zone relativement étroite de basse slikke, avec une transition vers une large zone de moyenne slikke et une zone étroite de haute slikke. La zone de slikke repose entièrement sur un substrat meuble ;
- la zone de slikke est suivie d'une large bande de schorre, avec une potentielle zone pionnière à la limite nord de la CND.

Le Paardenschor abrite de nombreux oiseaux aquatiques hivernants et séjournants et est également un lieu de reproduction.

2.5.2.2.4 Schor Ouden Doel

Le Schor Ouden Doel fait partie de la **zone Habitats** « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent », de la **zone Oiseaux** « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et de la **zone VEN** « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Il est protégé en tant que **zone Ramsar** et est une **réserve naturelle reconnue**.

Le Schor Ouden Doel est relié au Verdrongen land van Saeftinghe. Ces deux zones forment ensemble le plus grand schorre saumâtre d'Europe occidentale.

Le Schor Ouden Doel, qui s'étend sur 51 ha, est situé sur la rive gauche de l'Escaut, dans le Prosperpolder, à environ 1,2 km au nord de la CND. Cette zone située au-delà des digues, qui s'étire jusqu'à l'Escaut et la frontière néerlandaise, est un schorre saumâtre d'environ 51 ha qui est géré par Natuurpunt. La zone est influencée par les marées et est inondée à la fois par l'eau salée de la mer du Nord et par l'eau douce de l'Escaut. La zone de slikke est inondée deux fois par jour ; la zone de schorre plus élevée n'est inondée que lors des tempêtes et des marées de vive-eau (Gyselings, 2011). Une partie de la zone se compose de végétations de roseau et de scirpe maritime. Certaines parties de la zone sont pâturées afin de lutter contre la croissance excessive.

Sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13), le Schor Ouden Doel est désigné en tant que zone de grande valeur biologique. Outre les slikkes (ds) et les schorres (da), on retrouve également des roselières (mr), des mégaphorbiaies (mru) et des végétations de scirpe maritime (mz).

Sur la carte des habitats Natura 2000 (cf. Annexe A – Carte 15), le Schor Ouden Doel est répertorié en tant que type d'habitat 1130 « Estuaires » ; les végétations de schorre étant répertoriées en tant que type d'habitat 1330_da « Schorres au-delà des digues » et les roselières étant répertoriée en tant que biotope d'importance régionale « Roselières et autres phragmites » (rbbmr). Une zone limitée du Schor Ouden Doel est répertoriée en tant que type d'habitat 1320 « Prés à *Spartina* (*Spartinion maritima*) ». La Scheldedijk le long du Paardenschor est répertoriée en tant qu'habitat partiel pour le type d'habitat 6510_hu « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental ».

Sur la carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015) présentée à la Figure 2-44, on peut déduire ce qui suit, d'est en ouest, pour la zone de slikke et de schorre à hauteur du Schor Ouden Doel :

- une zone relativement étroite de basse slikke, avec une transition vers une large zone de moyenne slikke et une zone étroite de haute slikke. La zone de slikke repose en grande partie sur un substrat meuble. La zone de slikke se rétrécit vers le nord et repose, à hauteur de ce rétrécissement, sur un substrat dur naturel ;
- la zone de slikke est suivie d'une large bande de schorre, avec une potentielle zone pionnière à la limite nord de la CND.

En raison de la flore spécifique (espèces halophiles) et de la présence d'invertébrés, cette zone est importante pour les oiseaux aquatiques hivernants, les oiseaux séjournants et les oiseaux nicheurs.

2.5.2.2.5 Doelpolder Noord (et Brakke Kreek) et Doelpolder Midden

Le Doelpolder Noord et la Brakke Kreek font partie de la **zone Oiseaux** « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ».

Le Doelpolder Noord se trouve juste derrière la digue de l'Escaut à hauteur du Paardenschor, à moins de 1 km au nord-ouest de la CND. La zone Doelpolder Noord a été réaménagée en zone d'oiseaux des prés (zone de compensation). La Brakke Kreek a été aménagée en même temps que la zone d'oiseaux des prés Doelpolder Noord et est située au sud de celle-ci. La structure d'entrée étant toutefois toujours en cours de développement, la crique n'est pas encore inondée par les marées. Une écluse dans la Scheldedijk laissera entrer un volume limité d'eau saumâtre dans le Doelpolder Noord, entraînant la formation d'une crique à marée légèrement salée (36 ha). Le Doelpolder Midden doit encore être aménagé (toujours en usage agricole). L'objectif pour le Doelpolder Noord (et Brakke Kreek) et le Doelpolder Midden est le développement d'un milieu à marée (zone à marée réduite contrôlée GGG Doelpolder) avec la présence de slikkes et de schorres, de criques, de chenaux, d'îlots et d'une zone d'oiseaux des prés. La zone GGG Doelpolder sera entourée de digues de retenue. La digue entre le Doelpolder Noord et le Doelpolder Midden sera débarrassée. La Brakke Kreek sera préservée en tant que crique principale. Un chenal d'écoulement sera aménagé à hauteur du Paardenschor. L'aménagement se déroulera en plusieurs phases.

Ce développement du milieu à marée et le développement naturel du Doelpolder Midden ne peuvent toutefois pas se poursuivre comme prévu pour l'instant en raison de l'invalidation du GRUP « Afbakening Zeehavengebied Antwerpen – Havenontwikkeling Linkeroever ».

La zone Brakke Kreek forme à ce jour une seule entité avec le Doelpolder Noord. On rencontre actuellement les mêmes habitats dans les deux parties. Ces deux zones naturelles visent à compenser la

perte de valeurs naturelles engendrée par la construction du dock Deurganck et sont donc couvertes par la directive Oiseaux.

Sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13), le Doelpolder Noord est désigné en tant que zone de grande valeur biologique, composée de prairies à fossés (hpr+), de pièces d'eau eutrophes (ae) et de bandes de roseaux (k(mr)). À hauteur du Doelpolder Midden, on retrouve également des champs (bu) et des prairies (hx, hp) au sens de la carte d'évaluation biologique, mais ces végétations présentent une moindre valeur biologique. Les rangées d'arbres, les fossés et les bordures de roseaux présents entre les parcelles sont des zones de valeur biologique ou de grande valeur biologique.

Les champs et les prairies du Doelpolder Midden sont un lieu d'alimentation pour des espèces d'oies telles que l'oie rieuse, l'oie cendrée et l'oie de la toundra. Le Doelpolder Noord et la Brakke Kreek sont des zones importantes pour les oiseaux nicheurs, les oiseaux des prés et les oiseaux aquatiques hivernants.

2.5.2.2.6 Hedwigepolder et Prosperpolder

Le Prosperpolder fait partie de la **zone Oiseaux** « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et de la **zone VEN** « Slikken en schorren langsheen de Schelde ».

Le Prosperpolder (territoire belge) et le Hedwigepolder (territoire néerlandais) font partie de la zone intertidale transfrontalière en cours de développement. Ces polders sont situés au sud du Verdrongen Land van Saeftinghe et constitueront, à terme, une zone naturelle d'importance internationale. Le Prosperpolder se situe à minimum 0,9 km au nord-ouest de la CND. Le Hedwigepolder est relié à ce dernier à cet endroit et se trouve de l'autre côté de la frontière néerlandaise, à une distance minimale de 2,1 km. La superficie totale de ces zones en cours de développement s'élève à environ 655 ha, dont 465 ha aménagés en zones de slikke et de schorre. 170 ha sont situés sur le territoire belge, dans le Prosperpolder.

L'estuaire de l'Escaut est unique en Europe. La transition entre eau de rivière (eau douce) et eau de mer (eau salée), ainsi que les marées, sont encore passablement intactes à cet endroit. L'écosystème étant soumis à la pression de l'homme (approfondissement de l'Escaut), l'obligation de restauration de la nature exige de créer plus d'espace pour la nature. Cela permettra de respecter les obligations européennes en matière de conservation. Le Hedwige- en Prosperpolder est la zone la plus appropriée pour réaliser cette restauration. Donnée importante dans ce contexte : le Hedwigepolder est relié au Prosperpolder et constitue de ce fait le lien entre cette zone et le Verdrongen land van Saeftinghe. Ces zones sont également reliées aux slikkes et schorres de la rive gauche de l'Escaut (Schor Ouden Doel et Paardenschor) et de la zone GGG Doelpolder. À terme, une vaste zone naturelle d'importance internationale pourra ainsi être créée, offrant même un potentiel particulier pour les espèces ayant un grand besoin d'espace.

Des zones naturelles estuariennes seront créées dans le Hedwige- en Prosperpolder en déplaçant les digues. Dans un premier temps, une nouvelle digue sera construite à l'intérieur des terres, partant de l'Escaut et s'étirant jusqu'au Verdrongen Land van Saeftinghe. Dans un deuxième temps, la zone sera ouverte pour laisser entrer la marée de l'Escaut. Les brèches dans les digues actuelles de l'Escaut ne pourront être percées qu'une fois que la digue de ceinture (tant sur le territoire flamand que néerlandais)

sera construite dans son intégralité. Une fois que les travaux seront terminés du côté néerlandais de la digue, les zones naturelles estuariennes devraient commencer à se développer par elles-mêmes.

Les futurs habitats seront des slikkes et des schorres, dont la végétation sera comparable à celle des zones voisines du Verdrongen land van Saeftinghe, du Schor Ouden Doel et du Paardenschor.

La zone est encore en cours de développement et est perturbée par les remblais de sable et les travaux d'aménagement qui s'y déroulent. Cette zone est désignée sur la carte d'évaluation biologique (cf. Annexe A – Carte 13) en tant que zone surélevée à végétation rudérale (kz et ku) de moindre valeur ou de valeur. La digue construite entre le Prosperpolder et le Doelpolder Noord est recouverte de végétation rudérale. En bordure, on observe également des rangées de peupliers et de saules. La digue et son environnement ont été référencés en tant que zone de valeur biologique.

Le Prosperpolder était et est toujours une zone importante pour les oies hivernantes, qui sert aussi de lieu de reproduction. On peut également y voir de nombreuses autres espèces d'oiseaux en train de chasser ou de fouiller le sol.

2.5.2.2.7 *Autres zones de polders*

Le Doelpolder et le Nieuwe Arenbergpolder font partie de la **zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde »**.

Outre le Prosperpolder et le Doelpolder Noord réaménagés, l'environnement immédiat de la CND comprend également les polders **Nieuwe Arenbergpolder** et **Doelpolder**, sur la rive gauche. Le Doelpolder se trouve à la limite ouest de la CND et du village de Doel et est bordé au nord par le Doelpolder Noord (GGG Doelpolder). La partie sud du Doelpolder Noord est également appelée Doelpolder Midden. Le Nieuwe Arenbergpolder se trouve à l'ouest du Doelpolder, il est limitrophe du Prosperpolder et touche la frontière néerlandaise.

Le Doelpolder se compose principalement de champs et, dans une moindre mesure, de prairies et de prairies à fossés. Ces dernières sont des zones de valeur biologique ; les champs et les prairies sont des zones de moindre valeur.

Les deux zones de polders servent de zone de séjour et de zone de reproduction. Compte tenu de l'usage agricole prédominant, les nicheurs des roseaux ne sont présents qu'en petit nombre.

2.5.2.2.8 *Réseau d'infrastructures écologiques du port d'Anvers et programme de protection des espèces*

2.5.2.2.9 *Réseau d'infrastructures écologiques*

Le Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen stipulait qu'un maximum de 5 % de toute la zone portuaire maritime devait être préservé du développement industriel pour servir d'infrastructure écologique. Pour y parvenir et ainsi garantir la survie de certaines plantes et de certains animaux dans la zone portuaire d'Anvers, un réseau d'infrastructures écologiques pour la nature (EIN - ecologische infrastructuur natuur) a été délimité dans le cadre du GRUP « Afbakening zeehavengebied Antwerpen ». Des habitats permanents (EIN permanentes) sont aménagés sur le domaine public. Des zones et des initiatives

temporaires sur certains sites industriels peuvent également être intégrées au réseau (EIN temporaires)²⁸ (Figure 2-45).

Les EIN consistent en un réseau de couloirs et de trempins qui relient les espaces protégés entre eux. Les espaces protégés sont des zones plus vastes de nature contiguë, qui ont souvent une valeur naturelle plus élevée. Les couloirs forment des zones de liaison allongées entre les espaces, tandis que les trempins forment de petites zones résiduelles, où les espèces ont plus d'espace pour séjourner. Les trempins sont en principe un habitat plus propice à la reproduction (p. ex. pour le crapaud calamite) que les corridors, mais les deux sont en réalité liés.

Afin de créer un réseau fonctionnel, de nombreux talus ont également été intégrés dans le réseau d'infrastructures écologiques. La plupart des talus sont constitués d'herbes sèches. La terre est régulièrement retournée aux endroits où il y a des pipelines ; ces talus recèlent donc un énorme potentiel pour la végétation pionnière et les espèces associées.

Dans l'environnement immédiat et au nord de la CND, on retrouve l'espace naturel protégé permanent des polders et des schorres. Le Galgenschoor, de l'autre côté de l'Escaut, est également un espace naturel protégé permanent et a déjà été évoqué ci-dessus. Les digues (code BWK kd) et les talus d'herbe (code BWK hp) à l'ouest de la CND font partie d'une infrastructure écologique permanente qui relie la partie nord et la partie sud de la zone portuaire sur la rive gauche.

²⁸ Les EIN permanentes et les espaces naturels protégés seront toujours préservés. Les EIN temporaires et les zones de compensation temporaires ont été incluses dans l'actuel programme de protection des espèces du port d'Anvers, en soutien des espaces naturels protégés et des EIN permanentes, afin d'atteindre les objectifs de conservation (IHD). Ces IHD ont été établis pour les habitats et les espèces protégés en Europe dans toutes les zones spéciales de conservation (SBZ - speciale beschermingszones) flamandes des zones couvertes par les directives européennes Oiseaux et Habitats, dans le cadre du réseau européen Natura 2000. Cela concerne principalement des espèces de la directive Oiseaux, telles que le busard des roseaux, la sterne pierregarin et la mouette mélanocéphale. Si en 2019, à l'issue du premier programme de protection des espèces du port d'Anvers, les IHD sont atteints dans les espaces naturels protégés, les zones EIN temporaires et les zones de compensation temporaires seront libérées pour le développement portuaire (site web Natuurpunt WAL, Baetens et al., 2015).

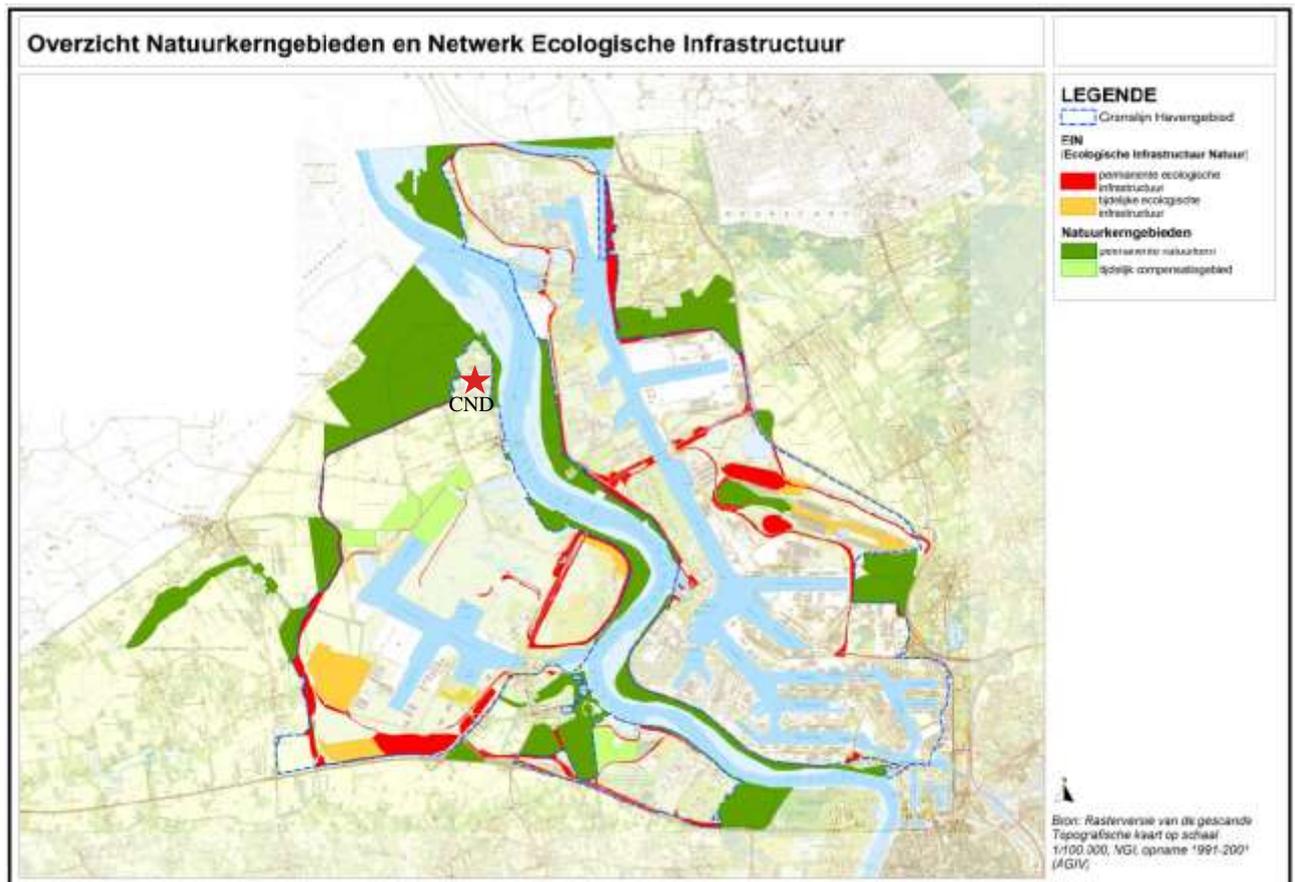


Figure 2-45 Réseau d'infrastructures écologiques dans la zone portuaire d'Anvers (Baetens et al., 2015)

2.5.2.2.10 Espèces

Le programme de protection des espèces (SBP - soortenbeschermingsprogramma) du port d'Anvers (arrêté ministériel du 23 mai 2014 et arrêté ministériel du 5 septembre 2019 prolongeant le précédent) est un programme par zones qui comprend un ensemble d'actions en vue du développement et de la conservation d'espèces parapluies et de leurs prédateurs. La Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen a conclu un accord avec le gouvernement flamand pour garantir la mise en œuvre des actions.

Dans le port d'Anvers, on retrouve 51 espèces protégées spécifiques au port et 39 espèces protégées non spécifiques au port. Sur les 90 espèces protégées au total, 14 ont été sélectionnées, car les mesures de conservation liées à ces espèces couvrent d'emblée la conservation des 76 autres espèces protégées. Ces espèces, appelées « espèces parapluies », représentent un habitat spécifique ou un stade de développement spécifique d'un habitat. On part alors systématiquement du principe que les mesures mises en œuvre pour les espèces parapluie bénéficient également aux espèces prédatrices (= les 76 autres espèces). Pour chaque espèce parapluie, l'« unité écologique fonctionnelle » a également été déterminée. Il s'agit de la superficie minimale requise pour maintenir une population viable de cette espèce.

Les mesures du SBP aspirent à la conservation durable des espèces parapluies et des espèces prédatrices dans la zone portuaire.

La superficie nécessaire pour réaliser les objectifs naturels quantitatifs et qualitatifs des 14 espèces parapluies peut être atteinte au sein du réseau d'infrastructures écologiques et des espaces naturels protégés. Pour autant qu'il s'agisse d'espèces protégées au niveau européen, ces objectifs sont conformes aux objectifs de conservation établis pour les zones spéciales de conservation concernées.

La validité de l'arrêté ministériel de 23 mai 2014 établissant le programme de protection des espèces dans la zone portuaire d'Anvers a été prolongée jusqu'au 20 février 2020 inclus. La légalité de cette prolongation est cependant remise en cause dans le cadre d'une procédure d'annulation en instance devant le Conseil d'État.

Un deuxième SBP est en cours d'élaboration, dans le cadre duquel les visions et les actions du premier SBP seront ancrées davantage. Les espèces parapluies et les espèces prédatrices sont en grande partie identiques à celles du premier SBP, à quelques ajustements près (p. ex. le collier-de-corail est remplacé par la mégère) (Communication Port of Antwerp).

2.5.3 Évaluation des incidences

2.5.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

2.5.3.1.1 Travaux LTO

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. chapitre 1.6).

2.5.3.1.1.1 Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques

Les travaux dans le cadre des aménagements en fonction de la LTO ont provoqué des émissions de gaz d'échappement provenant des engins de chantier et des camions (combustion de carburants fossiles et émissions de CO, CO₂, hydrocarbures imbrûlés, NO_x, SO₂ et particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀)).

La part des émissions provenant des engins de chantier et du trafic de chantier variait d'un jour à l'autre et était plutôt faible par rapport aux autres sources d'émission sur le site et à proximité, comme le trafic routier et/ou la navigation fluviale. Compte tenu de son caractère temporaire, l'incidence de l'acidification et de l'eutrophisation résultant des engins de chantier et du trafic de chantier n'est pas jugée considérablement négative pour les habitats situés à proximité de la CND.

2.5.3.1.1.2 Perturbations

La discipline Nuisances sonores révèle que les travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements en vue de la LTO ont entraîné une augmentation négligeable du bruit ambiant. La perturbation à l'égard de la faune est donc elle aussi jugée négligeable.

2.5.3.1.2 Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques

L'acidification est le résultat de la pollution de l'air par les substances dioxyde de soufre, ammoniac et oxydes d'azote. Ces gaz réagissent avec l'oxygène et la vapeur d'eau pour former, entre autres, de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. On parle de « dépôt acidifiant » lorsque ces composés acidifient le sol ou les plantes après sédimentation.

L'eutrophisation est le résultat d'une pollution de l'air par l'ammoniac et les oxydes d'azote, qui accroît la quantité d'éléments nutritifs disponibles pour les plantes. Ces substances ont un effet surfertilisant sur les lieux de croissance, ce qui entraîne la détérioration, voire la disparition, des types d'habitats éligibles ou des habitats des espèces éligibles. La colonisation herbeuse et le feutrage des prairies ou des landes largement peuplées sont ainsi une conséquence typique du dépôt d'azote dans l'atmosphère, pouvant entraîner l'élimination de certaines espèces et une diminution de la biodiversité.

L'acidification et l'eutrophisation jouent toutes deux un rôle important dans la perturbation des écosystèmes : les forêts perdent de leur vitalité, les landes sont envahies par les herbes, la diversité des espèces végétales et animales diminue, les lacs s'acidifient, les stocks de poissons sont affectés et les eaux souterraines sont polluées (VMM, 2014).

Les émissions de NO_x et SO₂ résultant du projet contribuent aux dépôts eutrophisants et acidifiants dans l'environnement, notamment à hauteur de la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et de la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits). Ces dépôts sont calculés dans la discipline Air et les résultats sont présentés et évalués ci-dessous.

2.5.3.1.2.1 Évaluation des dépôts d'azote par rapport aux valeurs critiques de dépôt

Le paragraphe 2.5.1.3 présente le cadre d'évaluation utilisé pour les dépôts d'azote.

Le Tableau 2-52 répertorie tous les types d'habitats européens présents dans un rayon d'environ 2,5 km autour du site de la CND. La carte d'évaluation biologique et la carte des habitats Natura 2000 (Situation 2008) ont été utilisées pour vérifier l'emplacement des types d'habitats européens à proximité du site de la CND.

La valeur critique de dépôt (VCD) pour l'azote (exprimée en kg N par ha et par an) est donnée pour chaque type d'habitat. Étant donné que le cadre d'évaluation se base sur une part de 5 % de cette VCD pour évaluer si la contribution d'un projet peut ou non être jugée négligeable par rapport au dépôt total de N, la dernière colonne du Tableau 2-52 indique la valeur que représentent 5 % de la VCD.

Tableau 2-52 Aperçu des valeurs critiques de dépôt d'azote pour les types d'habitats européens présents dans un rayon de 2,5 km autour du site de la CND

Type d'habitat		VCD pour N * (kg N/(ha.an))	5 % de la VCD pour N * (kg N/(ha.an))
1130	Estuaires	> 34	> 1,7
1310_zk	Végétations pionnières à <i>Salicornia</i>	23	1,15
1320	Prés à <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>)	23	1,15
1330_da	Schorres au-delà des digues	22	1,1
3270	Rivières avec berges vaseuses avec végétation du <i>Chenopodium rubri p.p.</i> et du <i>Bidention p.p.</i>	> 34	> 1,7
6430_mr	Roselières à guimauve officinale, à gesse des marais et/ou à laiteron des marais	> 34	> 1,7
6510,gh en 6510_hu	Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental	20	1

* La valeur critique de dépôt (VCD) pour l'azote (exprimée en kg N/(ha.an)) et la valeur que représentent 5 % de la VCD sont indiquées pour chaque type d'habitat. Les habitats ayant une VCD > 34 kg N/ha.an ne sont pas sensibles aux dépôts d'azote.

Le Tableau 2-52 montre que le type d'habitat 6510 « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental » a la plus faible valeur critique de dépôt. En ce qui concerne la végétation de schorre, le type d'habitat 1330_da « Schorres au-delà des digues » est celui qui présente la valeur critique de dépôt la plus basse.

La Figure 2-46 trace les contours des dépôts d'azote causés par la CND au sein du domaine d'étude lors de la phase d'exploitation dans la situation future. Le dépôt d'azote maximal s'élève à 0,071 kg N/(ha.an) pour l'exploitation de la CND. Ces valeurs sont enregistrées dans les slikkes et les schorres le long de la CND (type d'habitat 1330) et principalement dans le chenal de l'estuaire (type d'habitat 1130).

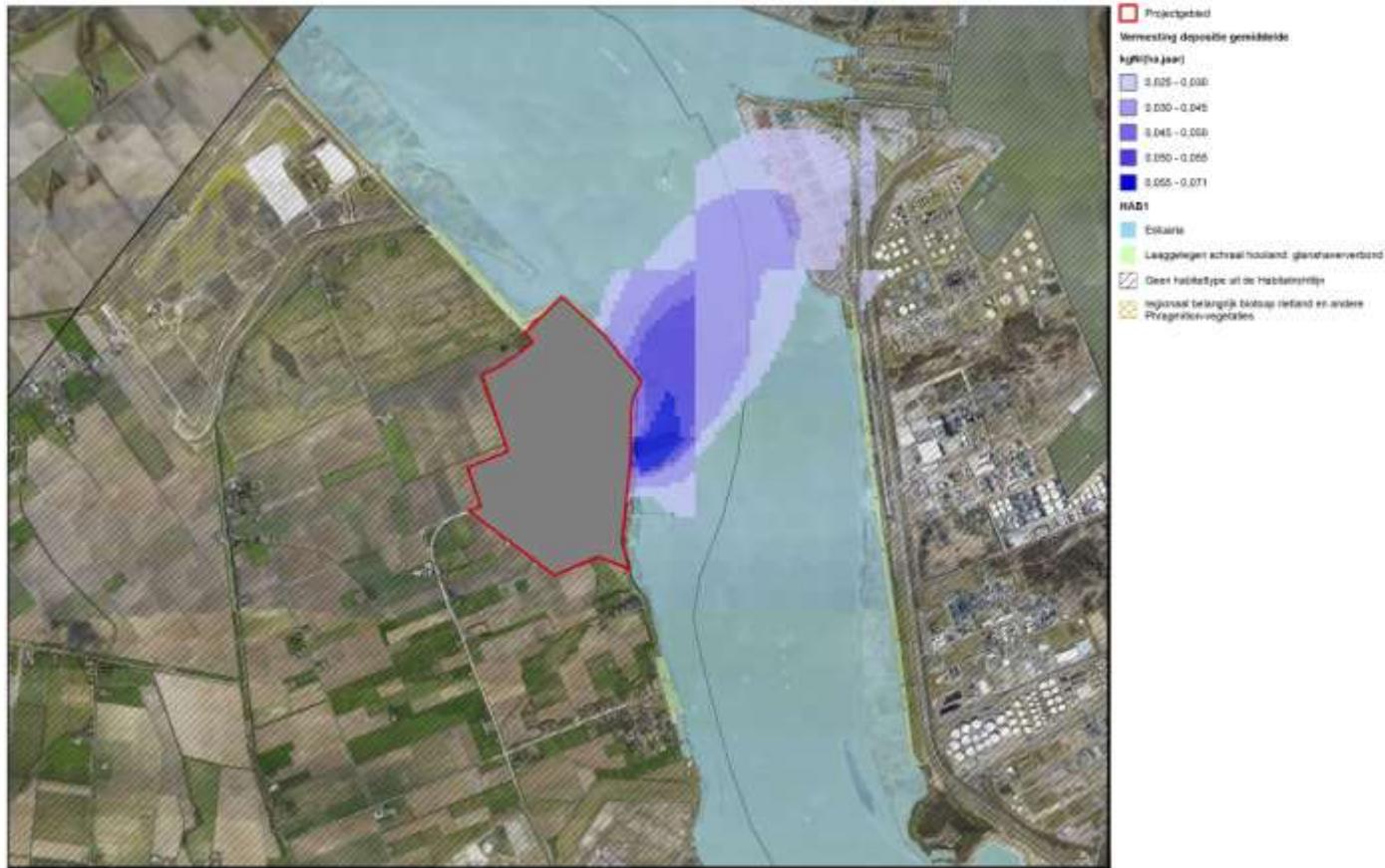


Figure 2-46 Contour des dépôts d'azote (en kg N/(ha.an)) causés par les activités de la CND lors de la phase d'exploitation dans la situation future

La figure ci-dessus révèle ce qui suit :

- aucun dépôt supérieur à 1 kg N/(ha.an) (5 % de la VCD la plus faible pour les types d'habitats européens concernés) ne se produit à hauteur des types d'habitats européens dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » à la suite des émissions d'azote dans l'air par la CND. L'impact sur la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » résultant du dépôt atmosphérique d'azote de la CND est donc jugé non pertinent par rapport à la situation sans exploitation de la CND ;
- aucun dépôt supérieur à 1,1 kg N/(ha.an) (5 % de la VCD la plus faible pour les végétations de schorre) ne se produit dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » à la suite des émissions d'azote dans l'air par la CND. L'impact sur la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » résultant du dépôt atmosphérique d'azote de la CND est donc jugé non pertinent par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

2.5.3.1.2.2 Conclusion relative aux dépôts d'azote

On peut conclure que les dépôts d'azote de la CND dans le cadre du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative par rapport à la situation sans exploitation de la CND en ce qui concerne l'eutrophisation des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits). Le dépôt d'azote lors de la phase d'exploitation de la CND dans la situation future s'élève à maximum 0,071 kg N/(ha.an), ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts d'azote dans les types d'habitats européens à proximité du site industriel.

2.5.3.1.2.3 Évaluation des dépôts acidifiants par rapport aux valeurs critiques de dépôt

Le paragraphe 2.5.1.3 présente le cadre d'évaluation utilisé pour les dépôts d'azote.

Le Tableau 2-52 répertorie tous les types d'habitats européens présents dans un rayon d'environ 2,5 km autour du site de la CND. La carte d'évaluation biologique et la carte des habitats Natura 2000 (Situation 2008) ont été utilisées pour vérifier l'emplacement des types d'habitats européens à proximité du site de la CND.

La valeur critique de dépôt (VCD) pour l'acidification (exprimée en équivalent acide (A_{eq}) par ha et par an) est donnée pour chaque type d'habitat. Étant donné que le cadre d'évaluation se base sur une part de 5 % de cette VCD pour évaluer si la contribution d'un projet peut ou non être jugée négligeable par rapport à l'effet total d'acidification, la dernière colonne du Tableau 2-53 indique la valeur que représentent 5 % de la VCD.

Tableau 2-53 Aperçu de la charge critique d'acidification pour les types d'habitats européens présents dans un rayon de 2,5 km autour du site de la CND

Type d'habitat		VCD (Aéq/(ha.an)) selon van Dobben <i>et al</i> , 2012	5 % de la VCD pour l'acidificati on (Aéq/(ha.a n))
1130	Estuaires	>2400	>120
1310_zk	Végétations pionnières à <i>Salicornia</i>	1643	82
1320	Prés à <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>)	1643	82
1330_da	Schorres au-delà des digues	1571	79
3270	Rivières avec berges vaseuses avec végétation du <i>Chenopodium rubri p.p.</i> et du <i>Bidention p.p.</i>	>2400	>120
6430_mr	Roselières à guimauve officinale, à gesse des marais et/ou à laiteron des marais	>2400	>120
6510,gh en 6510_hu	Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental	1429	71

La Figure 2-47 trace les contours des dépôts acidifiants causés par les activités de la CND au sein du domaine d'étude lors de la phase d'exploitation dans la situation future.

Le Tableau 2-53 montre que parmi les habitats présents à proximité de la CND, le type d'habitat 6510 « Prairies maigres de fauche de basse altitude : association de fromental » est le plus sensible aux dépôts acidifiants. Cette valeur (71 Aéq/(ha.an)) sert donc de référence pour décrire l'acidification résultant des activités de la CND.

Le dépôt acidifiant total maximal des points d'émission de la CND (provenant des NO_x ; maximum du panache) se situe dans le chenal de l'Escaut et s'élève à 5,06 Aéq/(ha.an) lors de la phase d'exploitation dans la situation future.

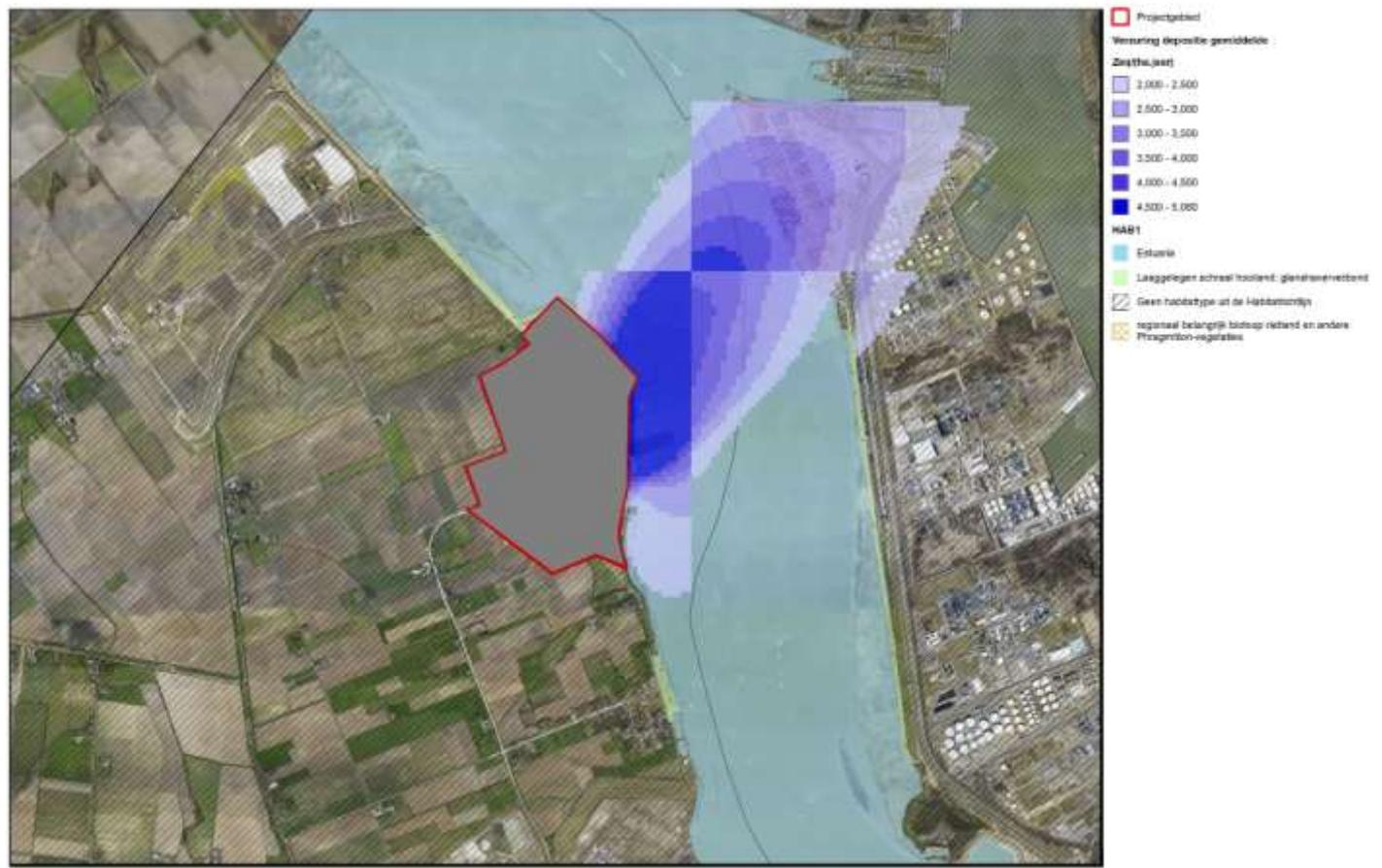


Figure 2-47 Contour des dépôts acidifiants (en Aéc/(ha.an)) causés par les activités de la CND lors de la phase d'exploitation dans la situation future

La Figure 2-47 et le Tableau 2-53 révèlent que le dépôt acidifiant maximal de la CND est nettement inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour tous les écosystèmes pertinents à proximité de la CND.

2.5.3.1.2.4 Conclusion relative aux dépôts acidifiants

On peut conclure que les dépôts acidifiants de la CND évalués dans le cadre du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative sur les écosystèmes du domaine d'étude par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Le dépôt acidifiant de la CND s'élève en effet à maximum 5,06 A_{eq}/(ha.an), ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts acidifiants dans les écosystèmes à proximité du site industriel. Par conséquent, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir à la suite des activités industrielles de la CND par rapport à la situation sans exploitation de la CND en ce qui concerne l'acidification des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits).

2.5.3.1.3 Perturbations

2.5.3.1.3.1 Perturbation de l'avifaune

L'impact potentiel des nuisances sonores chroniques liées aux activités commerciales et du bruit de pointe de certains événements sur les oiseaux a été évalué dans le cadre de l'étude de Sierdsema et al. (2014), qui s'avère pertinente pour la présente EIE.

L'étude des nuisances sonores chroniques causées par le bruit industriel et le bruit urbain montre que les incidences sont similaires à celles du trafic sur les oiseaux. Tout porte à croire que les nuisances sonores chroniques (le bruit urbain et le bruit industriel comportent beaucoup de basses fréquences (< 2 kHz) qui entravent la communication) masquent principalement les bruits d'oiseaux à basse fréquence, ce qui peut avoir des conséquences sur le succès de la reproduction et la condition physique. Les espèces qui communiquent à basse fréquence sont donc vraisemblablement les plus sensibles à ce type de nuisances sonores. Des incidences ont été constatées à partir de 50-60 dB(A). Les distances d'effet ne sont pas déterminées.

Outre les nuisances sonores chroniques, certaines sources provoquent également un bruit momentané ou un bruit de pointe, comme le bruit d'enfoncement de pieux. Là aussi, on peut distinguer différents niveaux, allant du coup sec et de l'avion qui passe au concert de pop qui dure une (partie de la) journée.

Certaines espèces montrent des réactions de perturbation, telles que l'envol (temporaire) lorsqu'un bruit fort se produit subitement, tandis que d'autres ne montrent aucune réaction. Certains éléments indiquent également qu'un phénomène d'adaptation apparaît lorsque le bruit revient régulièrement. Citons par exemple les slikkes et les schorres de l'estuaire de l'Escaut, qui constituent un habitat important pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques, en dépit de l'important trafic de bateaux et du bruit provenant des diverses activités portuaires.

En ce qui concerne les nuisances sonores chroniques, on peut s'attendre à des incidences sur les densités d'oiseaux à partir de 50 dB(A). Il s'agit ici d'une moyenne de 24 heures. Les sources sonores qui émettent des pics à plus de 50 dB(A), mais dont la moyenne sur 24 heures n'excède pas 50 dB(A), sont classés

comme des bruits de pointe. Les espèces sensibles devraient donc surtout être celles qui communiquent à basse fréquence.

Rien n'indique que les bruits de pointe à basse fréquence ont une quelconque influence sur les densités d'oiseaux. L'hypothèse concernant les bruits de pointe est que le bruit occasionnel n'affecte pas de manière significative les densités d'oiseaux nicheurs. Si le bruit se produit plus fréquemment, l'impact du bruit pourra être mieux évalué en tant que bruit chronique.

La figure ci-dessous illustre la sensibilité aux perturbations des divers groupes d'espèces d'oiseaux, selon qu'il s'agit d'oiseaux nicheurs ou d'oiseaux non nicheurs (Krijgsveld et al., 2008). Les classes de sensibilité suivantes sont appliquées dans ce contexte :

- 1-6 : peu sensibles ;
- 7-12 : sensibles ;
- 12-17 : très sensibles aux perturbations.

Les groupes d'espèces pertinents dans l'environnement de la CND sont principalement les mouettes, les cormorans, les huîtriers et avocettes, les échassiers, les canards, les oies, les grèbes et les petits oiseaux chanteurs (gorgebleue à miroir, phragmite des joncs...).

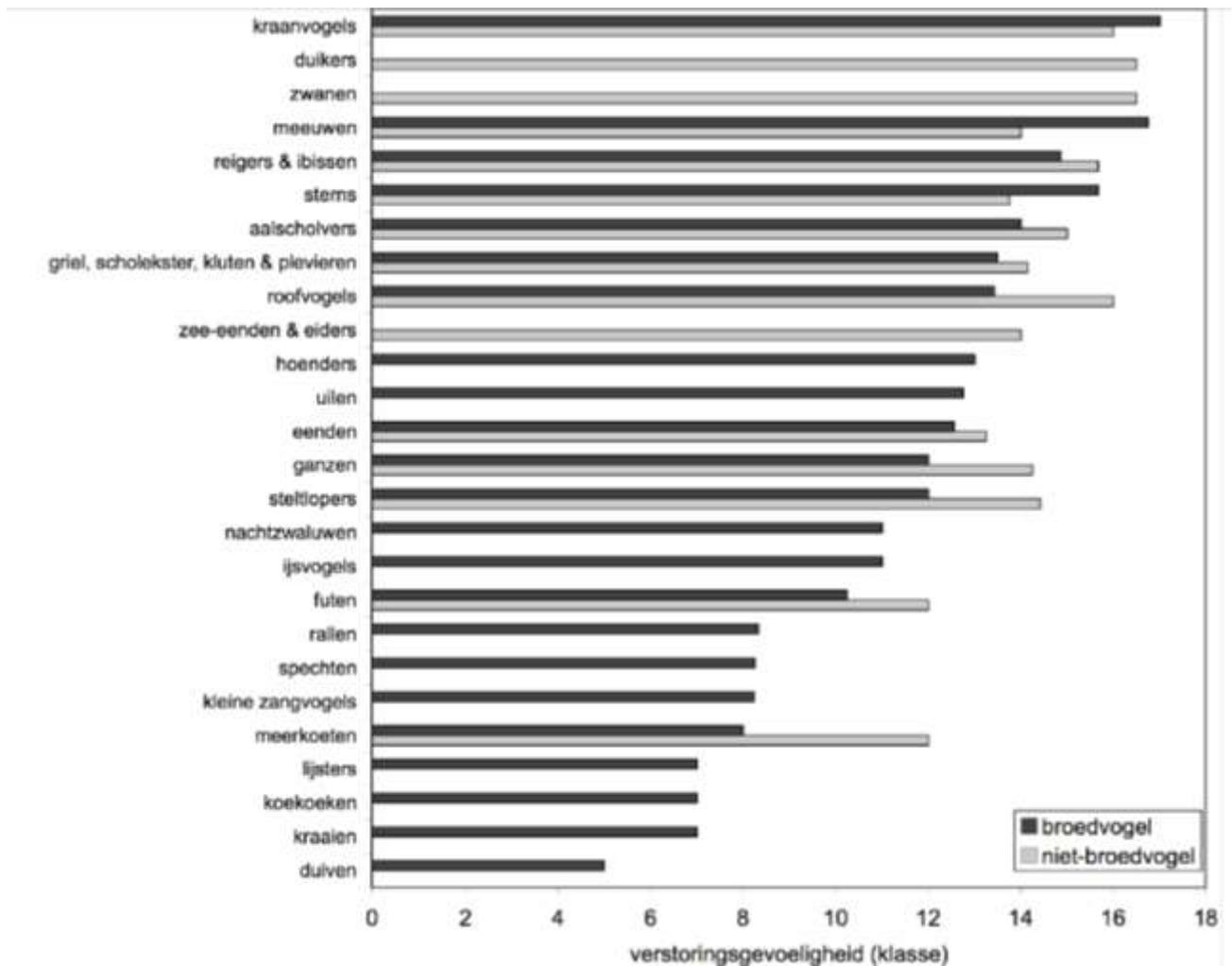


Figure 2-48 : Sensibilité aux perturbations des différents groupes d'espèces (moyennes des espèces néerlandaises pertinentes, Krijgsveld et al. 2008)

Outre la sensibilité des groupes d'espèces aux perturbations, Cuperus (in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994) propose également une méthodologie visant à évaluer la sensibilité relative aux perturbations sonores des oiseaux pertinents en Flandre. La sensibilité aux perturbations est évaluée pour chaque espèce d'oiseau au moyen de cinq critères, chacun se voyant attribuer un score de sensibilité compris entre 1 (très sensible) et 3 (modérément sensible). Ces critères sont les suivants :

- capacité de reproduction/taille de la ponte : les espèces qui ont une capacité de reproduction élevée (> 10) sont moins sensibles que celles qui ont une faible capacité de reproduction (< 6) ;
- taille du territoire : les espèces qui ont besoin de beaucoup d'espace (> 40 ha) sont plus sensibles que celles qui ont besoin de peu d'espace (< 4 ha) ;
- stratégie migratoire : les oiseaux migrateurs sont plus sensibles que les oiseaux sédentaires ;
- chant/cri : les oiseaux au chant prononcé sont moins sensibles que les oiseaux au chant discret ;
- amplitude écologique ou rattachement à des zones ouvertes du paysage, comme des prairies : les espèces rattachées à des zones ouvertes sont plus sensibles.

Il s'agit là de cinq des sept traits dits « d'histoire de vie ». Cuperus (in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994) distingue encore les critères « formation de colonie » et « risque d'être victime de la circulation », qui ne sont pas pertinents dans le cadre de la présente étude.

Le produit des scores obtenus pour les cinq critères donne un score de sensibilité global pour chaque espèce d'oiseau, qui est ensuite converti sur une échelle de sensibilité ordinale à 5 niveaux :

- 1 insensible
- 2
- 3 sensible
- 4
- 5 très sensible

La sensibilité aux perturbations des espèces d'oiseaux pertinentes dans l'environnement de la CND est présentée ci-dessous (in Aeolus & Lisec, 2001).

Tableau 2-54 : Sensibilité des oiseaux aux perturbations (Aeolus & Lisec, 2001)

Espèce d'oiseau	Sensibilité aux perturbations	Oiseau nicheur	Espèces rencontrées dans la zone Oiseaux « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever »
Cormoran	1		
Panure à moustache	2	X	
Tadorne de Belon	1		X
Gorgebleur à miroir	3	X	X
Bécasseau variable	-		
Busard des roseaux	5	X	X
Bernache du Canada	4		
Grèbe castagneux	3	X	
Grèbe huppé	4		
Oie cendrée	4		X
Vanneau huppé	3		
Avocette élégante	5	X	X

Espèce d'oiseau	Sensibilité aux perturbations	Oiseau nicheur	Espèces rencontrées dans la zone Oiseaux « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever »
Canard chipeau	3		X
Fuligule morillon	2		
Canard pilet	-		X
Marouette ponctuée	4	X	X
Phragmite des joncs	5	X	
Huïtrier pie	4	X	
Canard souchet	2	X	X
Canard siffleur	2		X
Fuligule milouin	1		
Chevalier gambette	4	X	
Canard colvert	1		
Sarcelle d'hiver	1		X
Courlis cendré	5		
Mouette mélanocéphale	-		X

Selon l'étude de Krijgsveld et al. (2008) et de Cuperus (in Aeolus & Lisec, 2001), la sensibilité aux perturbations des (groupes d')espèces pertinent(e)s dans l'environnement de la CND est la suivante :

- **mouettes** : très sensibles aux perturbations ;
- **cormorans** : très sensibles aux perturbations. Ajoutons toutefois que, selon l'étude de Cuperus (in Aeolus & Lisec, 2001), le cormoran est insensible aux perturbations ;
- **huïtriers et avocettes** : très sensibles aux perturbations ;
- **canards et oies** : très sensibles aux perturbations. Ajoutons toutefois que, selon l'étude de Cuperus (in Aeolus & Lisec, 2001), les espèces de canards les plus courantes (sarcelle d'hiver, canard colvert, fuligule milouin, tadorne de Belon et fuligule morillon) sont insensibles à peu sensibles aux perturbations. Le canard chipeau, la bernache du Canada et l'oie cendrée sont, quant à eux, sensibles aux perturbations ;
- **échassiers** : très sensibles aux perturbations ;
- **grèbes** : très sensibles aux perturbations ;

- **petits oiseaux chanteurs** : sensibles à très sensibles aux perturbations, à l'image de la rousserolle effarvatte, qui a un score de sensibilité de 5. La linotte mélodieuse et le bruant des roseaux sont moins sensibles aux perturbations. La gorgebleue à miroir a un score de 3.

2.5.3.1.3.2 Valeurs limites

L'étude de Reijnen et Foppen (2006) met en évidence deux valeurs limites : 42 dB(A) pour les oiseaux sylvoles et 47 dB(A) pour les oiseaux de prairie et des prés. Il s'agit toutefois de moyennes portant sur un grand groupe d'espèces. Il existe de fortes variations d'une espèce à l'autre.

Une étude d'envergure a été réalisée en Allemagne sur la relation entre les oiseaux et le bruit de la circulation (Garniel et al., 2007). Les valeurs limites identifiées pour une vingtaine d'espèces varient entre 47 et 58 dB(A), mais 85 % se situent entre 52 et 55 dB(A).

La transposition rationnelle des études de la circulation aux incidences des nuisances sonores dues aux activités industrielles n'a fait l'objet que de peu d'études. La relation dose-effet n'a jamais été examinée pour le bruit industriel, mais dans la pratique, on se base généralement sur une valeur de 45 dB(A) sur 24 heures. Compte tenu des valeurs limites observées dans le cadre de l'étude de la circulation, on peut cependant affirmer, sur la base de la littérature disponible, qu'il serait préférable d'étendre cette valeur à 50 dB(A), ce qui est toujours nettement supérieur aux niveaux sonores de fond (Sierdsema et al., 2014). La valeur sera ainsi de 40 dB(A) dans un environnement rural et de 50 dB(A) dans un environnement urbain.

2.5.3.1.3.3 Modélisation du bruit

La Figure 2-49, la Figure 2-50 et la Figure 2-51 présentent les contours de bruit à 45, 50 et 55 dB(A) pour les sources continues pendant la journée, la soirée et la nuit dans la situation de départ 2013-2014. Le contour est le même que pour la phase d'exploitation 2015-2018, car le champ source ne change pas.

En ce qui concerne les sources discontinues (non pertinentes pendant la soirée et la nuit, car ces sources sont uniquement testées pendant la journée), le contour de nuisance de 50 dB(A) reste entièrement confiné au site de la CND. Les perturbations dues aux sources discontinues de la CND ne sont donc pas examinées plus en détail.



Figure 2-49 Contours de bruit 2013-2014 (= phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones Natura 2000

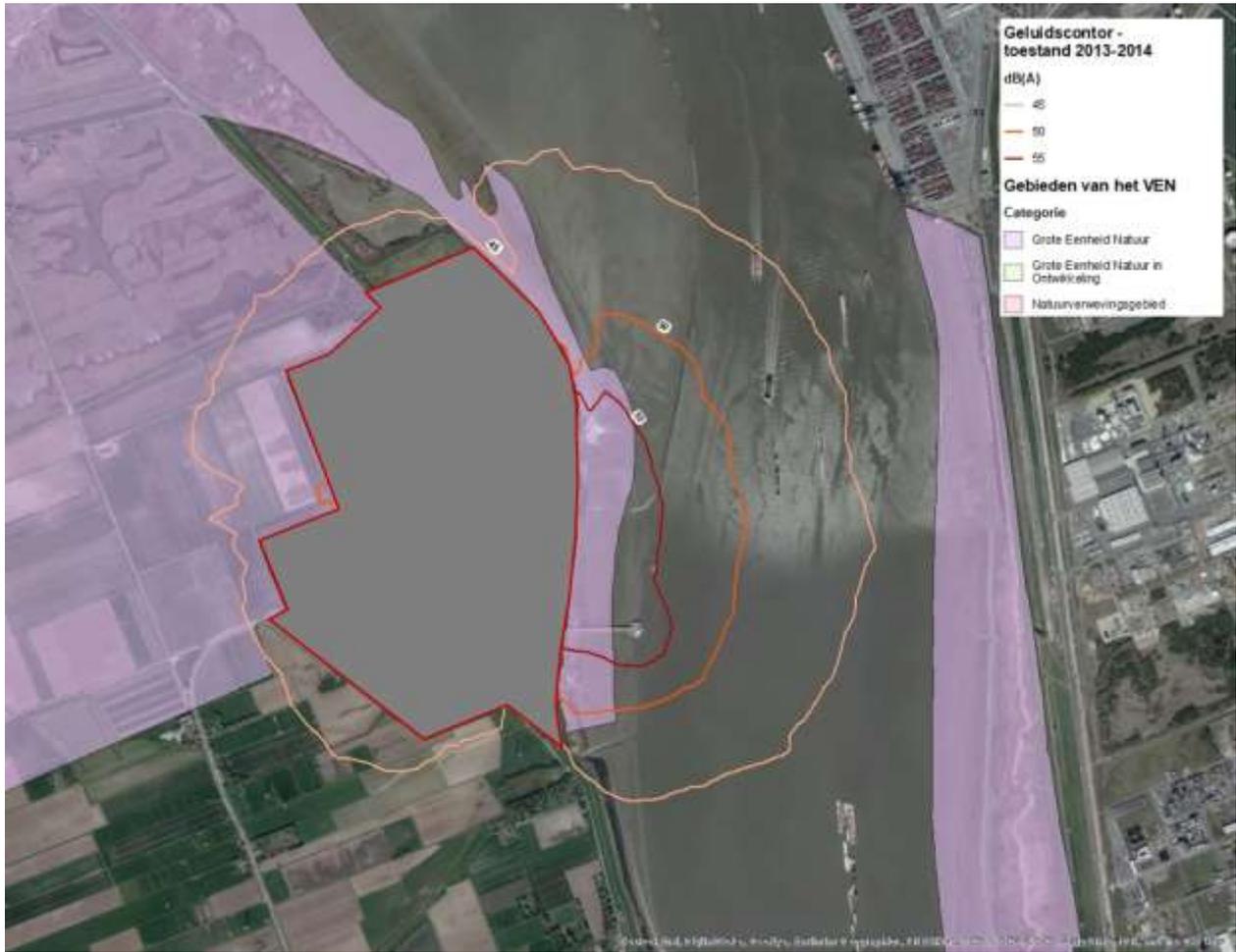


Figure 2-50 Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones VEN



Figure 2-51 Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux réserves naturelles reconnues et flamandes

2.5.3.1.3.4 Impact des perturbations

Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans la situation de départ 2013-2014 (identiques aux perturbations lors de la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport à la situation sans exploitation de la CND, peuvent être évaluées comme suit.

- À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », qui est également répertoriée en tant que zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » et en tant que zone Ramsar. On peut conclure que ces roselières et ces slikkes le long de la rive de l'Escaut sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Les groupes d'espèces présents (petits oiseaux chanteurs, échassiers, grèbes, huîtriers et avocettes...) sont sensibles à très sensibles aux perturbations. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND le long des roselières et des slikkes sur la rive de l'Escaut, à hauteur de la CND, sont jugées négatives. Les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB n'atteignent pas le Galgenschoor, de l'autre côté de l'Escaut.

- Au nord de la CND, les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB ne s'étendent pas jusqu'à la réserve naturelle reconnue « Schor Ouden Doel » (incidence négligeable).
- À l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». Le contour de nuisance de 50 dB n'empiète pas sur la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Le contour de nuisance de 45 dB chevauche légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans les zones de polders à l'ouest et au sud de la CND sont considérées comme une incidence négativement limitée.

2.5.3.1.4 Captage d'eau

La CND extrait des eaux de refroidissement de l'Escaut via une prise d'eau qui est séparée spatialement en deux parties distinctes : une pour le refroidissement des unités Doel 1 et Doel 2 et une autre, mise en service en 1991, pour Doel 3 et Doel 4. L'eau passe d'abord à travers un tamis pour filtrer les objets présents afin de prévenir l'obstruction des conduits. Cette opération est toutefois réalisée différemment aux deux points de captage.

Pour ce qui est du point de captage des eaux de refroidissement de Doel 1 et 2, l'épuration mécanique s'opère à l'extérieur des digues, à hauteur même de la prise d'eau, au moyen de grilles placées directement sur l'entrée. De cette façon, les poissons et les crustacés ne peuvent pas pénétrer dans le circuit d'eaux de refroidissement. On ne constate donc aucune mortalité de poissons ou de crustacés à hauteur de ce point de captage.

La configuration est différente pour Doel 3 et 4. On a ici opté pour un système qui achemine d'abord l'eau de manière gravitaire depuis l'Escaut vers un puits de collecte situé sur le site même. Depuis ce puits de collecte, l'eau était envoyée dans un système de filtres à bande rotatifs. La fraction résiduelle (plastique, matière végétale, poissons...) était collectée dans un conteneur. Cela entraînait le passage et le déversement de grandes quantités de poissons et crustacés (crabes et crevettes) dans le conteneur à ordures. Le fonctionnement de la centrale avait, par conséquent, un certain impact sur le biote de l'Escaut à proximité de la prise d'eau. Cet impact a été évalué dans une étude de Maes et al. (1996).

En 1997, un système répulsif pour poissons a été installé au niveau de la prise d'eau, avec un système de filtrage adapté aux poissons et une rigole d'écoulement. Des ondes sonores sont utilisées pour éloigner les poissons du point de captage. Les poissons sont effrayés par cette production sonore et arrivent donc moins facilement dans la prise d'eau. Le système repousse principalement les poissons dotés d'une vessie natatoire. Cet organe, comparable à un poumon, régule la position des animaux dans l'eau et capte les sons sous l'eau. Les organismes qui sont malgré tout capturés sont redirigés vers leur biotope via un système de retour.

La mortalité est ainsi réduite de 88 % pour les poissons et de 100 % pour les crustacés. Cela correspond à 95,5 % des effectifs et à 90 % de la biomasse des poissons et des crustacés (Maes et al., 1999). Le nombre de poissons dans le système dépend fortement des saisons et des marées. Aucun chiffre absolu n'est donc donné. Sur la base du suivi réalisé par la KU Leuven (Maes et al., 1996), dans le cadre duquel il a été constaté qu'en l'absence de mesures, les prises quotidiennes de poissons et de crustacés s'élevaient

respectivement à 22 437 et 50 248 individus, on peut cependant affirmer que, grâce au système répulsif pour poissons, seuls 1 010 poissons en moyenne et un nombre insignifiant de crustacés meurent chaque jour en raison du captage d'eau de Doel 3 et 4. En comparaison avec le résultat de l'étude de la KU Leuven (Maes et al., 1996), qui indique qu'environ 18 millions de poissons et 7 millions de crustacés passent chaque heure à hauteur de la centrale nucléaire, l'impact a été réduit à un niveau négligeable grâce aux différentes mesures mises en œuvre.

On peut dès lors affirmer qu'aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir en ce qui concerne la mortalité des poissons et des crustacés à hauteur de la prise d'eau par rapport à la situation sans exploitation de la CND. La capacité des points de captage d'eau dans l'Escaut ne sera pas modifiée au cours du projet.

2.5.3.1.5 Déversement d'eaux de refroidissement

L'analyse du déversement d'eaux de refroidissement à hauteur de la CND se déroule en trois temps :

- on fournit tout d'abord un résumé de la hausse de température mesurée et de la taille du panache de chaleur résultant du déversement des eaux de refroidissement de la CND, sur la base des résultats des cinq campagnes de suivi menées à hauteur de la CND (Arcadis, 2012). Pour une description détaillée, il est fait référence à la discipline Eau ;
- on étudie ensuite les incidences directes et indirectes susceptibles de se produire à la suite d'une hausse de température due au déversement d'eaux de refroidissement. Les incidences directes concernent les incidences générales sur les organismes et les communautés aquatiques, les incidences spécifiques sur les poissons et les incidences spécifiques sur le plancton et les macro-invertébrés. Les incidences potentielles des panaches thermiques sur les espèces exotiques sont également commentées ;
- on évalue enfin les incidences potentielles du déversement des eaux de refroidissement de la CND. Les résultats de l'échantillonnage du stock de poissons dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND (Breine & Van Thuyne, 2013A) et les résultats des cinq campagnes de suivi de la température menées à hauteur de la CND (Arcadis, 2012) sont utilisés à cet effet.

2.5.3.1.5.1 Hausse de température et taille du panache de chaleur

D'importantes hausses de température supérieures à 3 °C dues au déversement des eaux de refroidissement de la CND sont uniquement constatées à l'intérieur de la zone de la levée, jusqu'à une distance maximale d'environ 1 050 m du point de déversement.

Des hausses de température comprises entre 1 et 3 °C sont constatées à marée descendante et lors du renversement à marée basse jusqu'à une distance maximale d'environ 1 300 m du point de déversement, soit la zone qui se trouve encore à l'intérieur de la levée. À marée montante, on constate une hausse de température comprise entre 1 et 3 °C à l'extérieur de la levée jusqu'à une distance maximale de 500 m du point de déversement à l'est et jusqu'à une distance maximale de 800 m en amont du point de déversement au sud.

La taille du panache de chaleur est la plus importante lors du renversement à marée basse. On peut dès lors supposer que la zone délimitée par une température supérieure à 25 °C ne s'étendra pas au-delà de la levée.

Pour la situation spécifique de la CND, on peut supposer que la zone située à l'intérieur de la levée constituera une barrière thermique pour certains organismes aquatiques. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, les normes de qualité environnementale en matière de température de l'Escaut ne sont pas respectées en raison du déversement d'eaux de refroidissement par la CND. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée reste cependant praticable pour les organismes aquatiques. La superficie moyenne de la section transversale de la zone située à l'intérieur de la levée n'excède pas 25 % de la superficie de la section transversale de l'Escaut. Le chenal de l'Escaut à l'est de la levée est à tout moment jugé praticable pour les organismes aquatiques.

2.5.3.1.5.2 Incidences potentielles de la hausse de température

Incidences directes et indirectes de la hausse de température

Une hausse de la température de l'eau entraîne d'emblée des changements au sein des communautés d'espèces présentes. Ces changements sont principalement déterminés par une réponse directe des différentes espèces à la hausse de la température ambiante. La capacité d'un organisme à survivre dans son biotope est largement déterminée par ses degrés de tolérance aux facteurs abiotiques. La Figure 2-52 fournit une représentation schématique de la réponse d'un organisme à une hausse de température (Hartholt & Jager, 2004). La courbe décrit le degré d'évolution de l'activité physiologique d'une espèce face à une hausse de température de 10 °C.

En ce qui concerne la température ambiante, chaque espèce présente, à chaque stade, une plage naturelle qui lui garantit un épanouissement optimal (homéostasie intacte). Cette plage de température optimale est liée à la situation géographique de l'habitat. Si la température ambiante effective sort de cette plage, cela génère un stress, suivi d'une mortalité si la température augmente trop ou si le stress dure trop longtemps. De nombreuses espèces évitent les températures critiques par une migration verticale ou horizontale vers des conditions plus favorables. La tolérance à la température des organismes aquatiques est influencée par divers facteurs de stress. Les facteurs d'influence sont la salinité, la teneur en oxygène dissous, la dureté de l'eau et des facteurs physiques tels que la pression. La combinaison d'une modification de la salinité et d'une diminution de la concentration en oxygène dans l'eau amplifie, par exemple, l'effet négatif sur la tolérance à la température (Hartholt & Jager, 2004).

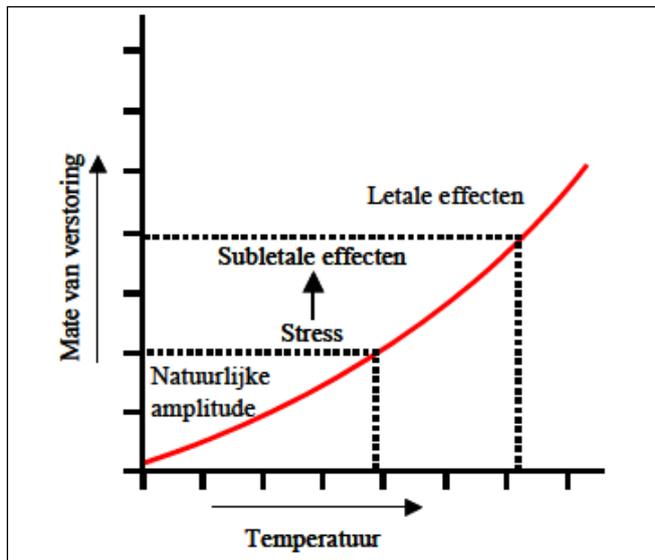


Figure 2-52 Degré de perturbation en fonction de l'augmentation de la température de l'eau (Hartholt & Jager, 2004)

La hausse de la température peut également avoir des incidences indirectes sur l'écosystème. Elle peut, par exemple, réduire la solubilité de certaines substances, comme l'oxygène. Une température accrue peut, par ailleurs, avoir une incidence sur la dégradation microbienne de la matière organique présente, ce qui peut provoquer un déficit supplémentaire en oxygène. Le processus de refroidissement de la CND entraîne un enrichissement en oxygène. On suppose dès lors que les incidences indirectes sur la concentration en oxygène résultant de la solubilité réduite et de la dégradation microbienne dans l'Escaut à hauteur de la CND sont largement compensées.

Cette hypothèse est étayée par les résultats des cinq campagnes de suivi menées entre juin 2011 et mars 2012 à hauteur de la CND, qui ont mesuré la température et la teneur en oxygène à deux profondeurs par rapport à la surface de l'eau dans et autour du panache de déversement dans différentes conditions de marée, et plus particulièrement lors du renversement à marée basse. Les mesures ne montrent pas d'appauvrissement en oxygène de l'eau de l'Escaut à la suite du déversement d'eau de refroidissement chaude, mais plutôt un léger enrichissement (lorsque l'eau de refroidissement passe par le processus de refroidissement, elle est soumise à une forte aération).

La suite de l'évaluation d'incidence se concentre donc principalement sur les incidences directes de la hausse de température.

Incidences de la hausse de température sur le phytoplancton et le zooplancton

Le phytoplancton ou les algues sont des producteurs primaires qui forment la base de la chaîne alimentaire. Des modifications dans la composition de la communauté phytoplanctonique dues à l'augmentation de la température des eaux superficielles peuvent, par conséquent, avoir un impact jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs. Les algues peuvent être divisées en deux groupes : les algues planctoniques, qui flottent librement dans l'eau ; et les algues sessiles, qui ont besoin de substrat pour vivre (Kerkum et al., 2004).

En ce qui concerne le phytoplancton, une hausse de la température de l'eau affecte principalement la production primaire et le taux de croissance des algues. Cela peut favoriser la prolifération d'algues (à la

fois des algues bleues et des algues vertes), entraînant une modification de la composition des espèces. La communauté sera alors, à terme, composée de moins d'espèces qu'à l'origine.

Des modifications très localisées de la biomasse, de la composition des espèces, de la diversité et de la productivité peuvent être observées aux points de déversement. Les incidences devraient cependant disparaître à une certaine distance du point de déversement. Une diminution de la production primaire et une mortalité aiguë du phytoplancton sont jugées peu probables dans l'estuaire à des températures inférieures à 30 °C. On a, en outre, constaté que certaines espèces peuvent produire des toxines nocives pour l'homme et l'animal (Kerkum et al., 2004).

Le zooplancton désigne les organismes en suspension dans l'eau, comme les petits organismes unicellulaires, les méduses et les larves mobiles de poissons. Une hausse de la température de l'eau a une nette incidence sur les taux de croissance et de reproduction du zooplancton. Des incidences aiguës sur le zooplancton ne peuvent être clairement démontrées qu'à des températures d'exposition supérieures à 30 °C (Kerkum et al., 2004).

Incidences de la hausse de température sur les macro-invertébrés

Les influences de la température sur les invertébrés marins ont principalement été étudiées sur les espèces benthiques telles que les grands crustacés. Les macro-invertébrés qui vivent sur les plateaux découverts à marée basse sont exposés à de fortes fluctuations de température et sont moins sensibles aux températures élevées. En règle générale, les animaux du sol sur les plateaux découverts à marée basse seront peu perturbés par le déversement d'eaux de refroidissement (Hartholt & Jager, 2004).

La température maximale admissible s'avère dépendre de la salinité et de la concentration en oxygène. Pour les espèces marines, la résistance à la température diminue avec le stress causé par une baisse de la salinité et de la concentration en oxygène. La tolérance thermique des crustacés dans les eaux côtières est sensiblement supérieure à celle des espèces qui vivent dans des eaux plus profondes. Les crustacés, les coquillages et les escargots issus des zones intertidales, en particulier, peuvent tolérer des températures relativement élevées sans dommage (Hartholt & Jager, 2004).

Une nette prolongation de la période de croissance et de reproduction a été constatée chez un certain nombre d'espèces en raison de la hausse de température. Une température supérieure à 30 °C s'avère préjudiciable à la présence de certaines espèces (Kerkum et al., 2004).

Incidences de la hausse de température sur les poissons

Parmi les organismes aquatiques, les poissons sont généralement les moins tolérants aux températures d'eau élevées. Les espèces benthiques telles que les poissons plats sont directement menacées de mort dans une plage allant de 25 à 28 °C. Les clupéidés sont, quant à eux, déjà menacés à partir de 22 °C. Dans la zone où les eaux déversées atteignent ces températures, les espèces sensibles peuvent ne pas survivre si elles ne sont pas en mesure de s'éloigner (Hartholt & Jager, 2004). En été, les eaux superficielles des eaux côtières et des estuaires atteignent des températures élevées. Des températures avoisinant les 24 °C ont été mesurées dans l'estuaire de l'Escaut. Cela s'explique par la faible profondeur moyenne de l'eau et par l'assèchement deux fois par jour des plateaux à marée, qui agissent comme des capteurs solaires en raison de leur couleur sombre. Les poissons qui ne peuvent pas survivre à ces températures disparaissent alors de l'estuaire (Hartholt & Jager, 2004).

Outre les incidences létales dues à une hausse de la température des eaux superficielles, certaines espèces de poissons ont également besoin d'une température basse (< 10 °C) pendant la période de frai (hiver/printemps). Si cette température n'est plus atteinte en hiver, la reproduction stagnera et certaines espèces disparaîtront, réduisant la diversité des espèces de poissons. Une hausse de la température aux périodes où celle-ci est inférieure à 10 °C se traduit par un plus faible de taux de reproduction chez les poissons qui fraient au début du printemps. En conséquence, les eaux réceptrices deviennent impraticables pour ces poissons (Kerkum et al., 2004). Un aperçu est présenté à la Figure 2-53.

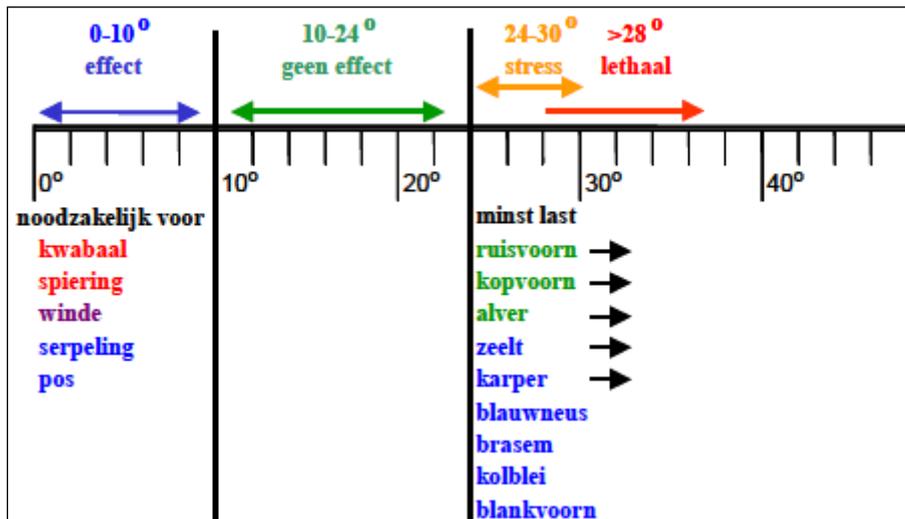


Figure 2-53 Exigences de température de diverses espèces de poissons (rouge : régime piscivore ; bleu : régime macrofaunivore ; violet : régime piscivore/macrofaunivore ; vert : régime herbivore/macrofaunivore. Une flèche à côté de l'espèce indique qu'elle peut tolérer des températures > 28 °C) (Kerkum *et al.*, 2004)

En règle générale, une augmentation de la température engendre une augmentation de la respiration des poissons (Kitchell et al., 1977). Le taux de croissance augmente également avec l'augmentation de la température, à condition qu'il y ait suffisamment de nourriture dans l'organisme pour maintenir un métabolisme accru (Ficke et al., 2007). Dans les eaux plus chaudes, les poissons sont aussi plus sensibles aux infections, aux maladies et aux parasites (De Kruik, 1983).

Les poissons migrateurs peuvent connaître un seuil thermique lorsque la température de l'eau de rivière diffère trop de celle de l'eau de mer. Une étude sur la truite de mer a montré que ce n'était pas le cas pour cette espèce, mais cela ne signifie pas que cette différence ne posera pas problème à d'autres espèces. Une étude sur les salmonidés a révélé que la différence de température entre l'eau de rivière et l'eau de mer ne pouvait pas excéder 1 °C. Les jeunes salmonidés sont capables de détecter et d'éviter un panache d'eaux de refroidissement et sont donc moins affectés que s'ils n'étaient pas capables d'un tel évitement. Le comportement réel face à un panache d'eaux de refroidissement dans une rivière dépendra de divers facteurs, tels que la taille, la forme et le gradient du panache ou la forme des eaux réceptrices (Kerkum et al., 2004).

La pollution thermique a, en outre, un impact positif sur la croissance et la reproduction d'espèces thermophiles et un panache d'eaux de refroidissement peut servir de refuge à ces espèces pendant l'hiver. Il peut également s'agir d'espèces exotiques. Par conséquent, dans la zone où règne une hausse de température constante en raison du déversement d'eaux de refroidissement, la composition des espèces

peut différer de celle de la zone qui n'est pas concernée par ce réchauffement. Cela vaut non seulement pour les poissons, mais aussi pour d'autres organismes (Hartholt & Jager, 2004).

Incidences de la hausse de température sur la végétation

Le domaine d'étude comporte plusieurs zones naturelles importantes, tant à l'intérieur qu'au-delà des digues. En ce qui concerne l'aspect « végétation », le déversement d'eaux de refroidissement peut uniquement avoir une incidence sur les zones de slikke et de schorre situées au-delà des digues.

Les slikkes sont inondées deux fois par jour à marée haute. Les schorres sont uniquement inondés aux marées de vive-eau, qui se produisent en moyenne deux fois par mois. Le rapport des cinq campagnes de suivi de la température menées à hauteur de la CND (Arcadis, 2012) montre clairement que le panache de chaleur s'étend en amont de la CND à marée montante, et donc qu'il n'atteint pas les zones de slikke et de schorre situées en aval de la CND, comme le Schor Ouden Doel et le Paardenschor. Ces informations permettent clairement de conclure que le déversement d'eaux de refroidissement n'aura aucune incidence sur la végétation des zones de slikke et de schorre le long de l'Escaut.

Incidences de la hausse de température sur les oiseaux

Aucune donnée n'a été trouvée dans la littérature en ce qui concerne l'incidence directe de la hausse de température sur les oiseaux. On peut s'attendre à ce qu'une hausse localisée de la température de l'eau de l'Escaut n'ait pas d'incidence directe sur les oiseaux aquatiques.

Comme décrit dans la situation de départ, l'estuaire de l'Escaut est une importante zone de repos, de reproduction, d'alimentation et de passage pour un grand nombre d'espèces protégées au niveau international. L'étendue saumâtre de l'Escaut abrite notamment un large effectif d'échassiers, de canards et d'oies. Les échassiers fouillent le sol à hauteur des slikkes et se nourrissent de toutes sortes de macro-invertébrés. Des canards et des oies sont observés en grand nombre dans le domaine d'étude au niveau du Verdrongen Land van Saeftinghe.

Les incidences sur l'avifaune résultant du déversement des eaux de refroidissement sont jugées négligeables. La zone d'influence présente en effet une superficie si limitée par rapport à l'ensemble de l'étendue saumâtre qu'aucune incidence directe n'est à prévoir. Les hausses de température attendues dans les slikkes à hauteur du Paardenschor (à environ 800 m au nord du point de déversement de la CND) et du Schor Ouden Doel (à environ 1,2 km au nord du point de déversement de la CND), qui constituent d'importantes zones d'alimentation pour les échassiers, sont limitées à négligeables.

Évaluation des incidences du déversement d'eaux de refroidissement par la CND

Selon les conclusions de l'étude de Kerkum et al. (2004), il est peu probable que la production primaire et la mortalité aiguë diminuent ou augmentent à des températures inférieures à 30 °C. Des incidences sont attendues sur la production primaire et la mortalité aiguë dans la zone la plus proche du point de déversement, car les températures peuvent y dépasser 30 °C. En ce qui concerne le phytoplancton, une hausse de la température peut provoquer un déplacement des communautés de diatomées au profit d'algues vertes et d'une dominance d'algues bleues (cyanobactéries). Un déplacement qui pourrait à son tour entraîner une diminution de la biodiversité. Dans l'ensemble de la zone située à l'intérieur de la levée, où s'étend le panache de chaleur dû au déversement des eaux de refroidissement de la CND, il peut y avoir un léger déplacement des communautés d'espèces en faveur des cyanobactéries. Une prolifération

d'algues précoce et un rapport légèrement différent entre les espèces peuvent se traduire par une modification du zooplancton, à son tour susceptible de se répercuter sur la chaîne alimentaire. Dans la zone située à l'extérieur de la levée, les incidences sont jugées négligeables, car les résultats des cinq campagnes de suivi de la température menées à hauteur de la CND démontrent que le panache de chaleur reste confiné à la zone située à l'intérieur de la levée (Arcadis, 2012).

La mesure dans laquelle une augmentation localisée des cyanobactéries et la production de substances toxiques par ces cyanobactéries se manifestent effectivement et la mesure dans laquelle ces incidences ont un impact significatif sur la résistance de l'estuaire de l'Escaut dans la zone située à l'intérieur de la levée restent à ce jour des lacunes de connaissances. Selon Van Damme et al. (2003) et Brys et al. (2006), les communautés de phytoplancton dans l'étendue saumâtre ne permettent pas d'évaluer l'état écologique. Par conséquent, une étude complète sur les communautés phytoplanctoniques n'est pas jugée pertinente pour l'évaluation des incidences dans le cadre de la présente EIE.

En ce qui concerne le zooplancton, une hausse de la température de l'eau a une incidence nette sur les taux de croissance et de reproduction. Des incidences aiguës sur le zooplancton ne peuvent être clairement démontrées qu'à des températures d'exposition supérieures à 30 °C et sont attendues dans la zone la plus proche du point de déversement, car les températures peuvent y dépasser 30 °C. Dans l'ensemble de la zone située à l'intérieur de la levée, où s'étend le panache de chaleur dû au déversement des eaux de refroidissement de la CND, il peut y avoir une incidence sur les taux de croissance et de reproduction du zooplancton. Dans la zone située à l'extérieur de la levée, les incidences sont jugées négligeables, car les résultats des cinq campagnes de suivi de la température menées à hauteur de la CND démontrent que le panache de chaleur reste confiné à la zone située à l'intérieur de la levée (Arcadis, 2012).

Tout comme pour le zooplancton, une hausse de la température a également une incidence sur les taux de croissance et de reproduction des macro-invertébrés. La mortalité se produit à partir de 30 °C et est attendue dans la zone la plus proche du point de déversement, car les températures peuvent y dépasser cette valeur. Dans l'ensemble de la zone située à l'intérieur de la levée, où s'étend le panache de chaleur dû au déversement des eaux de refroidissement de la CND, il peut y avoir un déplacement localisé des macro-invertébrés présents. Il convient de noter qu'une partie des macro-invertébrés que l'on retrouve le long de l'Escaut sont des espèces qui peuvent également vivre sur les plateaux découverts à marée basse et qui sont donc naturellement exposés à de fortes fluctuations de température. L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que les crevettes et les crabes ont tendance à s'attarder dans la zone située à l'intérieur de la levée, où la température de l'eau est plus élevée. Cette zone est également moins dynamique que la zone à l'extérieur de la levée. La présence d'espèces exotiques de macro-invertébrés dans la zone située à l'intérieur de la levée étant insignifiante, on ne peut pas parler d'une abondance accrue d'espèces exotiques à l'intérieur de la levée. Sur la base des résultats de cet échantillonnage, aucune incidence considérablement négative sur les macro-invertébrés n'est à prévoir. On peut, au contraire, s'attendre à ce que la hausse de la température accélère légèrement le développement et la formation de la biomasse des macro-invertébrés.

Le groupe animal le plus sensible est celui des poissons. La température létale pour les poissons dépend fortement des espèces. L'incidence sur les poissons est généralement nulle dans la plage de température

comprise entre 10 et 22 °C (cf. Figure 2-53). La plage comprise entre 22 et 28 à 30 °C constitue une zone de stress. Ce n'est qu'à partir de 28 °C qu'un stress significatif se produit, avec des conséquences létales. On peut dès lors affirmer que, dans des conditions moyennes et presque toute l'année, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir sur l'ichtyofaune. Seules les espèces les plus sensibles éviteront la zone la plus proche du point de déversement en s'en éloignant. La littérature ne contient cependant pas de données spécifiques aux espèces sur le comportement d'évitement et les réactions de peur des poissons vis-à-vis des déversements d'eaux de refroidissement. C'est pourquoi l'évaluation est principalement basée sur les températures létales. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, à partir de 850 en aval du point de déversement, les températures descendent en dessous de 10 °C en hiver et au printemps (campagnes de suivi Arcadis 2012), atteignant ainsi les températures basses requises par les espèces de poissons telles que la grémille et l'éperlan pour l'induction de la reproduction.

L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que l'ichtyofaune a tendance s'attarder dans la zone située à l'intérieur de la levée, où la température de l'eau est plus élevée. Cette zone est également moins dynamique que la zone à l'extérieur de la levée. La présence du bar commun, une espèce marine thermophile, montre que cette espèce utilise la zone à l'intérieur de la levée en guise de refuge hivernal. La sole reste à l'intérieur et à proximité de la zone de la levée. Certaines espèces utilisent la zone réchauffée à l'intérieur de la levée en guise de nurserie. Cela indique donc la présence d'une abondance accrue d'espèces indigènes thermophiles (bar commun et sole) à l'intérieur de la levée. Enfin, le déversement d'eaux de refroidissement peut jouer un rôle important dans la survie d'espèces exotiques thermophiles. L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que la présence d'espèces exotiques dans la zone située à l'intérieur de la levée est insignifiante. On ne peut donc pas parler d'une abondance accrue d'espèces exotiques à l'intérieur de la levée.

Sur la base de l'étude d'incidence ci-dessus, l'incidence du déversement des eaux de refroidissement de la CND sur les communautés aquatiques dans l'Escaut inférieur n'est pas jugée considérablement négative.

2.5.3.1.6 Déversement de substances chimiques

Au cours de l'exploitation de la CND, les effluents suivants sont produits : eaux usées sanitaires, eaux usées industrielles et eaux de refroidissement. Le déversement d'éléments nutritifs dans l'Escaut peut entraîner une eutrophisation. Le déversement de substances dangereuses dans l'Escaut peut avoir des incidences écotoxicologiques.

2.5.3.1.7 Eutrophisation

Dans la situation de départ et lors de la phase d'exploitation 2015-2018, l'Escaut à proximité de la CND ne répond pas aux normes de qualité environnementale pour le nitrate+nitrite+ammonium et l'orthophosphate. Ces éléments nutritifs sont directement liés à l'eutrophisation.

Le nitrite joue en soi un rôle pratiquement négligeable dans l'eutrophisation, mais a un effet toxique. Étant donné que l'Escaut à proximité de la CND satisfait à la norme de qualité environnementale pour le nitrite et que la discipline Eau prévoit une contribution négligeable, aucun effet toxique n'est à prévoir à la suite du déversement de nitrite dans l'Escaut par la CND.

En ce qui concerne les paramètres des éléments nutritifs nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate, la discipline Eau prévoit une contribution annuelle moyenne négligeable. On ne s'attend donc pas à ce que le déversement de la CND dans l'Escaut ait un impact significatif sur l'eutrophisation sur une base annuelle moyenne. La discipline Eau a constaté un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. Bien que la charge soit plutôt limitée, ces débordements peuvent provoquer des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée, où sont déversées les eaux usées sanitaires et industrielles et les eaux de refroidissement de la CND.

Les conséquences potentielles de l'eutrophisation sont présentées ci-dessous.

- La première conséquence directe de l'eutrophisation est une augmentation de la croissance des plantes. Dans la plupart des systèmes d'eau, il s'agira d'une augmentation du phytoplancton. Dans certains systèmes peu profonds, il pourra être question d'une augmentation des macro-algues à courte durée de vie (p. ex. laitue de mer) et du microphytobenthos. L'eutrophisation provoque une importante prolifération d'algues dans l'estuaire de l'Escaut. Les plantes telles que les zostères et les macro-algues vivaces poussent alors moins en profondeur et finissent par disparaître en raison de la détérioration de l'environnement lumineux. Comme la visibilité diminue, les poissons-chasseurs ne peuvent plus voir leurs proies (Prins et al., 2002).
- Une autre conséquence de la disponibilité accrue d'azote et de phosphore est une modification dans la composition des espèces du phytoplancton. Cela s'explique par le fait que l'eutrophisation anthropique provoque une augmentation de l'azote et du phosphore, mais pas du silicate (acide silicique). Étant donné que le silicate est un élément essentiel pour les diatomées (le groupe d'algues le plus répandu), mais pas pour les autres groupes de phytoplancton, l'eutrophisation anthropique n'améliore pas les conditions de croissance des diatomées, mais bien celles des autres groupes. Cela peut entraîner un déplacement dans la composition des espèces du phytoplancton, passant des diatomées à d'autres algues. Lors de la floraison printanière des diatomées, le silicium est épuisé et la croissance des diatomées est inhibée en raison de la limitation en Si. Cela entraîne un déplacement dans la composition des algues et une dominance croissante d'autres espèces d'algues, qui n'utilisent pas de Si, mais qui peuvent profiter des réserves d'azote et de phosphore non encore épuisées. Ce mécanisme est probablement l'une des causes de la prolifération accrue de la « mousse » d'algue *Phaeocystis*. L'augmentation mondiale de la prolifération d'autres algues nuisibles est également attribuée à l'augmentation du phosphore et de l'azote. Les effets secondaires de l'augmentation de la production végétale lors de l'eutrophisation concernent une augmentation de la biomasse des niveaux trophiques supérieurs (p. ex. animaux du sol) (Prins et al., 2002).
- L'augmentation de la production végétale peut avoir des incidences négatives sur les teneurs en oxygène dans l'eau et dans le fond de l'eau (Prins et al., 2002). À proximité de la CND, la norme de qualité environnementale pour la teneur en oxygène dissous n'est pas respectée au point de mesure le plus en amont, mais est bien atteinte plus en aval de la CND. Cela peut s'expliquer par l'effet d'aération du système d'eau de refroidissement de la CND (la teneur en oxygène des eaux de refroidissement déversées est généralement supérieure à celle des eaux de refroidissement captées).

- Il est cependant souvent difficile de trouver des preuves scientifiques solides des relations de cause à effet entre l'eutrophisation et les déplacements dans les communautés d'espèces. Cela s'explique en partie par le fait que l'eutrophisation des eaux côtières est un phénomène relativement récent. Plus important encore, les propriétés physiques et biologiques des systèmes d'eau et les interactions avec d'autres facteurs (p. ex. le climat) influencent la réponse à une charge accrue d'éléments nutritifs. En raison de la grande diversité dans les écosystèmes côtiers, la réponse à l'eutrophisation n'est pas univoque et est difficilement prévisible. Contrairement à l'eau douce, le phosphate joue un rôle bien moins important dans les eaux côtières. Une limitation en P pour la prolifération des algues ne peut se produire que pendant une courte période au printemps (Prins et al., 2002).

On peut supposer que le débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires de la CND contribue dans une mesure limitée au problème de l'eutrophisation dans l'Escaut, ou du moins localement à hauteur du point de déversement de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée. La mesure dans laquelle cela entraîne une augmentation de la prolifération d'algues et une réduction de la visibilité pour les poissons-chasseurs, un déplacement dans la composition des espèces du phytoplancton et une augmentation de la production de biomasse des niveaux trophiques supérieurs dans la zone située à l'intérieur de la levée reste toutefois une lacune de connaissances. On ne connaît pas non plus l'incidence cumulative des propriétés physiques (dynamique des marées, temps de séjour, turbidité, profondeur) et de la hausse de température dans la zone située à l'intérieur de la levée, où sont déversées les eaux usées sanitaires et industrielles et les eaux de refroidissement de la CND, sur le degré d'eutrophisation. Selon Van Damme et al. (2003) et Brys et al. (2006), les communautés de phytoplancton dans l'étendue saumâtre ne permettent pas d'évaluer l'état écologique. Par conséquent, une étude complète sur les communautés phytoplanctoniques n'est pas jugée pertinente pour l'évaluation des incidences dans le cadre de la présente EIE. Afin de réduire l'effet de débordement des eaux usées sanitaires de la CND, la discipline Eau recommande d'évaluer la faisabilité de séparer les eaux pluviales des eaux usées sanitaires (mesure à la source) et la possibilité d'installer un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires (mesure en bout de chaîne), et ce au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD).

2.5.3.1.8 Incidences écotoxicologiques

De l'hypochlorite de sodium (NaOCl) est ajouté à l'eau de refroidissement afin de prévenir l'encrassement biologique. L'encrassement biologique (biofouling) est le processus par lequel des organismes principalement sessiles, comme les huîtres, les moules, etc. se fixent sur les conduits d'entrée et de sortie des systèmes d'eau de refroidissement, entre autres. L'ajout d'hypochlorite de sodium (NaOCl) vise à contrecarrer cet encrassement biologique.

Le NaOCl réagit pour former des chlorures. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 100 µg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Le chlore actif est considéré comme une substance hautement toxique. Pour le chlore actif, la concentration à laquelle les poissons ne ressentent aucun effet se situe en dessous de 1 µg/l. Le chlore actif n'est pas très persistant et se dissipe assez rapidement dans les eaux superficielles (sa dégradabilité est de l'ordre de quelques minutes). La vitesse de transformation dépend toutefois de nombreux facteurs (température, degré de mélange dans les eaux superficielles, teneur en réducteurs) (Berbee, 1997). Les teneurs en chlore actif dans les eaux de

refroidissement déversées de la CND sont inférieures à 100 µg/l. On peut conclure que lors du déversement de chlore actif, des incidences toxicologiques aiguës sur les organismes aquatiques peuvent se produire localement autour du point de déversement et pendant une courte période (incidence négativement limitée).

L'utilisation de chlore comme agent de conditionnement entraîne la formation des polluants secondaires AOX (= composés halogènes organiques adsorbables). Les teneurs en AOX seront constituées d'haloformes, également appelés « trihalogénométhanes » (principalement le bromoforme dans les eaux saumâtres et salines), et de divers composés polaires halogénés (notamment des acides chloroacétiques et bromoacétiques) (Berbee, 1997). La toxicité chronique est plus importante pour les polluants secondaires AOX. La contribution des AOX a été évaluée comme une incidence négligeable dans le cadre de la discipline Eau. Des concentrations accrues d'AOX ont cependant été mesurées dans les eaux usées sanitaires et industrielles et dans les eaux de refroidissement. C'est pourquoi les AOX sont encore brièvement commentés. Des substances telles que le bromoforme et le bromate sont considérées comme potentiellement cancérigènes pour l'homme. Elles méritent donc une attention particulière pour les organismes aquatiques. Le problème du bromate intervient également dans le contexte de la chloration des eaux de refroidissement. Certains éléments indiquent que du bromate extrêmement nocif peut être produit lors de la chloration des eaux de refroidissement (en particulier à des pH > 8 à 9 et à des teneurs en chlore actif supérieures à 2 mg/l). Du bromate s'avère également être présent dans la solution NaOCl même (environ 34-37 mg bromate/kg d'eau de Javel). Bien que cela soit théoriquement possible, il sera techniquement très difficile de produire de l'eau de Javel plus faible en bromate. Dans la pratique, le contrôle des dosages en chlore dans le rejet de substances hautement toxiques (charges et concentrations) sera généralement la première priorité dans le traitement des déversements d'eaux de refroidissement. La réduction de ces dosages permettra également de limiter le rejet des substances toxiques plus chroniques.

À la CND, le dosage de NaOCl est actuellement effectué sur la base de l'analyse de l'excès de chlore actif et de l'expérience acquise avec les joints des tours de refroidissement. Un éventuel dosage supplémentaire est effectué sur la base du contrôle de la croissance biologique sur des plaques témoins dans les tours de refroidissement et de mesures du poids du joint. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 100 µg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, la discipline Eau recommande d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

2.5.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Comme expliqué ci-dessus, l'impact de l'eutrophisation et de l'acidification, des perturbations, du captage d'eau, du déversement d'eaux de refroidissement et du déversement de substances chimiques dans la situation LTO ne différera pas significativement des émissions dans la situation de départ. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

2.5.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

La mise à l'arrêt définitif ou MAD de la CND commencera en 2025 et se terminera en 2028. À l'issue de la période MAD, et une fois que les autorisations nécessaires auront été obtenues, le démantèlement des réacteurs pourra commencer. La période MAD comprend trois phases, au cours desquelles la CND évoluera progressivement d'une centrale nucléaire à un espace de stockage humide de combustible irradié, puis à un bâtiment comportant des déchets radioactifs à traiter. Au cours de la période MAD, il est prévu de :

- décharger les réacteurs et transférer tout le combustible irradié vers les docks Pool Loops du bâtiment des services de secours nucléaires ;
- laisser retomber le taux de radioactivité du combustible irradié dans les docks Pool Loops du bâtiment des services de secours nucléaires ;
- charger le combustible irradié dans des conteneurs et l'évacuer vers le bâtiment de conteneurs à combustible ;
- effectuer des activités d'exploitation et de maintenance comme avant la mise à l'arrêt définitif, mais à moindre intensité (plus de production d'électricité).

Autant d'activités qui sont couvertes par l'autorisation actuelle.

Conclusion : les principales caractéristiques de la période MAD sont que cette période se situe dans le prolongement de l'exploitation actuelle de la CND (= les processus actuels de la CND se poursuivent) et que les processus se dérouleront conformément à l'autorisation actuelle. Les émissions atmosphériques, sonores et aquatiques et les incidences dérivées sur la biodiversité seront comparables ou inférieures à celles de la situation de départ.

Aucune différence d'incidence n'est attendue entre une MAD en 2015-2019 ou en 2025-2029.

2.5.3.4 Option zéro

Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques

La Figure 2-54 trace les contours des dépôts d'azote causés par la CND au sein du domaine d'étude dans l'option zéro. Le dépôt d'azote maximal s'élève à 0,035 kg N/(ha.an) pour les émissions considérées de la CND, ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts d'azote dans les types d'habitats européens à proximité du site industriel. Le contour modélisé des dépôts d'azote n'atteint pas les slikkes et schorres le long de la rive droite de l'Escaut.

On peut conclure que les dépôts d'azote de la CND évalués dans l'option zéro du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative en ce qui concerne l'eutrophisation des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et



des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits).



Figure 2-54 Contour des dépôts d'azote (en kg N/(ha.an)) causés par les activités de la CND dans l'option zéro

La Figure 2-55 trace les contours des dépôts acidifiants causés par les activités de la CND au sein du domaine d'étude dans l'option zéro. Le dépôt d'azote maximal s'élève à 2,507 Aeq/(ha.an), ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts acidifiants dans les types d'habitats européens à proximité du site industriel.

On peut conclure que les dépôts acidifiants de la CND évalués dans l'option zéro du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative sur les écosystèmes du domaine d'étude. Par conséquent, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir à la suite des activités industrielles de la CND en ce qui concerne l'acidification des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits).



Figure 2-55 Contour des dépôts acidifiants (en Aeq/(ha.an)) causés par les activités de la CND dans l'option zéro

Perturbations

La Figure 2-56, la Figure 2-57 et la Figure 2-58 présentent les contours de bruit à 45, 50 et 55 dB(A) pour les sources continues pendant la journée, la soirée et la nuit dans l'option zéro. Dans ce scénario, un certain nombre de groupes sources de Doel 1 et 2 ne seront plus actifs, à savoir les tours de refroidissement auxiliaires, la salle des machines et la prise d'eau. La puissance sonore de l'installation (LwA) diminuera ainsi de 0,2 dB(A) pour atteindre 123,2 dB(A).

En ce qui concerne les sources discontinues (non pertinentes pendant la soirée et la nuit, car ces sources sont uniquement testées pendant la journée), le contour de nuisance de 50 dB(A) reste entièrement confiné au site de la CND. Les perturbations dues aux sources discontinues de la CND ne sont donc pas examinées plus en détail.

Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans l'option zéro peuvent être évaluées comme suit.

- À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », qui est également répertoriée en tant que zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » et en tant que zone Ramsar. On peut conclure que ces roselières et ces slikkes le long de la rive de l'Escaut sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Les groupes d'espèces présents (petits oiseaux chanteurs, échassiers, grèbes, huîtres et avocettes...) sont sensibles à très sensibles aux perturbations. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND le long des roselières et des slikkes sur la rive de l'Escaut, à hauteur de la CND, sont jugées négatives. Les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB n'atteignent pas le Galgenschoor, de l'autre côté de l'Escaut.
- Au nord de la CND, les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB ne s'étendent pas jusqu'à la réserve naturelle reconnue « Schor Ouden Doel » (incidence négligeable).
- À l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». Le contour de nuisance de 50 dB n'empiète pas sur la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Le contour de nuisance de 45 dB chevauche légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans les zones de polders à l'ouest et au sud de la CND sont considérées comme une incidence négativement limitée.



Figure 2-56 Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux zones Natura 2000



Figure 2-57 Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux zones VEN



Figure 2-58 Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux réserves naturelles reconnues et flamandes

Captage d'eau

Les unités Doel 1 et 2 ne seront plus en fonctionnement. Le captage d'eau et le circuit de refroidissement de ces unités ne seront donc plus utilisés non plus. Étant donné qu'aucune mortalité de poissons ou de crustacés n'est observée au point de captage des eaux de refroidissement de Doel 1 et 2, en raison de la présence de grilles sur l'entrée, aucune modification n'est attendue en ce qui concerne l'impact du captage d'eau sur les organismes de l'Escaut maritime à hauteur de la CND dans l'option zéro (= situation no-LTO).

Déversement d'eaux de refroidissement

La charge thermique des eaux de refroidissement sur l'Escaut devrait diminuer d'environ 60 %. La taille du panache de chaleur dans l'Escaut devrait donc elle aussi diminuer. Ceci peut avoir un impact positif sur les communautés de phytoplancton, de zooplancton, de macro-invertébrés et de poissons dans la zone située à l'intérieur de la levée, a fortiori à la lumière du changement climatique, comme décrit dans l'évaluation de l'impact thermique du déversement des eaux de refroidissement lors de la phase d'exploitation 2015-2018 du projet de base.

L'importance de cette incidence positive dépend du degré de rétrécissement du panache de chaleur par rapport à la situation de départ (ce qui est difficile à estimer avec les données actuelles) et de l'évolution des incidences climatiques attendues.

Déversement de substances chimiques

Les concentrations de substances polluantes dans les eaux usées sanitaires et industrielles déversées devraient être similaires à celles de la situation de départ. On ne s'attend toutefois pas à une baisse drastique pour la production d'eaux usées sanitaires et industrielles. L'initiateur n'a en effet pas constaté de diminution nette lorsqu'une unité est hors service. Seule la consommation d'eau de ville dans le cadre du cycle de vapeur devrait légèrement diminuer. Cette diminution est impossible à quantifier. L'option zéro aura les mêmes incidences en termes d'eutrophisation que le projet de base.

Les concentrations de substances polluantes dans les eaux de refroidissement, en ce compris la température et les chlorures, devraient être similaires à celles de la situation de départ. L'option zéro aura les mêmes incidences écotoxicologiques potentielles que le projet de base. Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, la discipline Eau recommande d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

2.5.3.5 Incidences cumulatives

Les plans/projets suivants sont potentiellement pertinents en ce qui concerne les incidences cumulatives avec l'exploitation de la CND :

- plan Sigma ;
- Doelpolder Noord ;
- Hedwige- en Prosperpolder ;
- aménagement de la zone GGG Doelpolder.

La phase d'aménagement des plans/projets ci-dessus causera des nuisances sonores à hauteur de la CND, ce qui pourrait entraîner des nuisances sonores cumulatives avec l'exploitation de la CND. Ces nuisances sonores cumulatives ne peuvent être ni quantifiées ni évaluées à l'aide des informations actuellement disponibles sur les plans/projets ci-dessus.

Aucune incidence cumulative avec à l'exploitation de la CND n'est attendue lors de la phase d'exploitation des plans/projets ci-dessus en ce qui concerne la biodiversité.

2.5.3.6 Incidences transfrontalières

À hauteur de la frontière néerlandaise, située à environ 3,4 km du point de déversement de la CND, l'impact du déversement des eaux de refroidissement peut tout au plus être considéré comme une incidence négativement limitée. Et ce sur la base des cinq campagnes de suivi menées sur l'impact thermique des eaux de refroidissement de Doel sur l'Escaut (Arcadis, 2012). Cette hausse de température diminuera ensuite lentement en aval sur le territoire néerlandais.

2.5.4 Évaluation préliminaire/évaluation appropriée Natura 2000

2.5.4.1 Introduction

L'article 36ter §3 de décret flamand sur la nature (transposition de l'article 6 § 3 de la directive Habitats) établit qu'« une activité soumise à autorisation ou un plan ou programme qui, individuellement ou en combinaison avec une ou plusieurs activités, plans ou programmes existants ou proposés, peut causer une dépréciation significative des caractéristiques naturelles d'une zone spéciale de conservation, doit faire l'objet d'une évaluation appropriée en ce qui concerne les incidences significatives sur la zone spéciale de conservation » (SBZ).

Vu que la centrale nucléaire de Doel souhaite demander un renouvellement d'autorisation et vu qu'il n'est pas à exclure que son exploitation ait une incidence sur les zones spéciales de conservation (SBZ) adjacentes, une évaluation appropriée est effectuée sous la forme d'un chapitre distinct dans l'EIE.

L'évaluation appropriée porte sur les aspects suivants :

- présence ou absence d'une SBZ dans la sphère d'influence de l'activité envisagée ;
- description des zones spéciales de conservation avec leurs objectifs de conservation ;
- description et évaluation des groupes d'incidences qui jouent un rôle et qui peuvent avoir une incidence sur les objectifs de conservation des espèces et des habitats protégés.

Ce document est établi sous la forme d'un chapitre distinct au sein de la discipline Biodiversité de l'EIE. Certaines informations de base issues des disciplines « Eau », « Air et climat » et « Nuisances sonores », sur lesquelles repose cette évaluation appropriée, ont été décrites dans l'EIE et ne sont donc pas répétées en tant que telles dans cette évaluation appropriée.

2.5.4.2 Localisation des zones Natura 2000

La centrale nucléaire est située à Doel, une entité de la commune de Beveren, sur un site industriel situé au nord du Waaslandhaven, sur la rive gauche de l'Escaut, mais dont elle est indépendante. La CND est séparée du reste de la zone portuaire par le village de polder de Doel. Aux alentours de la centrale nucléaire se trouvent les zones spéciales de conservation suivantes (cf. Annexe 1 – Carte 14) :

la SBZ-V BE2301336 « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever », qui s'étend tout autour de la centrale nucléaire de Doel. Outre les zones de polders à l'ouest de la centrale, les zones de slikke et de schorre sont également répertoriées en tant que zones Oiseaux ;

la SBZ-H BE2300006 « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent », qui est adjacente à la centrale nucléaire de Doel et qui comprend, en plus des zones de slikke et de schorre, l'ensemble de l'Escaut en tant que fleuve. La sous-zone 38 de cette SBZ-H (BE2300006-38) est située à hauteur de la CND.

Les zones spéciales de conservation SBZ-V « De Kuifeend en Blokkersdijk » et SBZ-H « Historische fortengordels van Antwerpen als vleermuizenhabitat » et les zones VEN « De Kuifeend » et « Wase Scheldepolders » ne sont pas prises en compte dans la présente évaluation appropriée. En raison de leur éloignement par rapport à la zone du projet (plus de 3 km), aucune incidence n'est à prévoir sur les habitats et espèces protégés pour lesquels ces zones ont été délimitées. Les zones Groot Buitenschoor,

Galgenschoor et Ketenisseschor, qui font partie de la SBZ-V « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever » et de la SBZ-H « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent », ne sont pas non plus prises en compte ici, aucune incidence n'étant attendue en raison de leur éloignement (plus de 1 km) par rapport à la centrale nucléaire de Doel.

Aucune incidence considérablement négative n'est attendue non plus en ce qui concerne les zones spéciales de conservation situées sur le territoire néerlandais. Il est ici question du Verdrongen Land van Saeftinghe, qui fait partie de la SBZ Westerschelde en Saeftinghe, Brabantse Wal (zone Oiseaux et Habitats), Markiezaat (zone Oiseaux), Zoommeer (zone Oiseaux) et Vogelkreek (zone Habitats) (non indiquée sur la carte).

2.5.4.3 SBZ-H BE2300006 « Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent »

2.5.4.3.1 Habitats protégés

Vous trouverez ci-dessous une liste des types d'habitats protégés (annexe I du décret flamand sur la nature) dans la zone Habitats BE2300006, pour autant qu'ils soient pertinents pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet.

- Type d'habitat 1130 – Estuaires
- Type d'habitat 1310 – Végétations pionnières à *Salicornia* et autres espèces halophiles annuelles des zones boueuses et sableuses
- Type d'habitat 1320 – Prés à *Spartina* (*Spartinion maritimae*)
- Type d'habitat 1330 – Prés salés atlantiques (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)
- Type d'habitat 3270 – Rivières avec berges vaseuses avec végétation du *Chenopodion rubri p.p.* et du *Bidention p.p.*
- Type d'habitat 6430 – Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin, sous-type association d'épilobe à grandes feuilles

Outre les habitats estuariens, la zone Habitats est également répertoriée pour un certain nombre de types d'habitats non estuariens (wetlands) (annexe I du décret flamand sur la nature). Les types d'habitats ci-dessous, en particulier, sont importants pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet.

- Type d'habitat 6430 – Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin
- Type d'habitat 6510 – Prairies maigres de fauche de basse altitude (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)

2.5.4.3.2 Espèces protégées

Vous trouverez ci-dessous une liste des espèces protégées (annexe II du décret flamand sur la nature) dans la zone Habitats BE2300006 « Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent », qui sont pertinentes en raison de leur présence à hauteur de la CND.

- Alose feinte
- Loche de rivière
- Lamproie de rivière

D'autres espèces répertoriées dans la zone Habitats ne sont pas présentes à proximité de la CND :

- la bouvière est observée dans les étangs, les mares, les fossés et les méandres fermés (cf. habitat 3260 et 3150) ;
- la loche de rivière vit dans les plus petits ruisseaux et rivières (cf. habitat 3160) ;
- les chauves-souris (murin de Natterer, murin à oreilles échancrées, sérotine commune, murin des marais, noctule commune) s'observent plutôt dans les forêts denses ou fragmentées et dans les zones humides de petite taille ou les paysages dotés de berges boisées et de rangées d'arbres. Le murin des marais est présent à proximité des grands étangs, des rivières et des canaux. L'Escaut proprement dit n'est cependant pas une région connue. Il n'y a pas de route aérienne connue pour les chauves-souris à proximité de la CND (Baetens et al. 2016). Diverses espèces utilisent les forêts dans la ceinture de forêts d'Anvers en guise de zone d'hivernage.

2.5.4.3.3 Objectifs de conservation

Les objectifs de conservation pour l'estuaire de l'Escaut (IHD-Zeeschelde), à savoir les zones SBZ « BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et portant établissement de cette zone ; et pour les SBZ répertoriées en application de la directive Oiseaux « BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde », « BE2301235 Durme en Middenloop van de Schelde » et la partie de la Blokkersdijk de la zone « BE2300222 De Kuifeend en Blokkersdijk », ont été définitivement approuvés par le gouvernement flamand le 23/04/2014.

Il existe quatre groupes d'écotopes sur le plan spatial : « estuaires », « wetlands », « paysages forestiers » et « paysages de prairies et de marais dans les vallées des ruisseaux et des rivières avec des transitions localisées vers la forêt alluviale ».

Les groupes d'écotopes « estuaires » et « wetlands » couvrent la majeure partie de l'écosystème de l'Escaut maritime et ont été intégrés dans les IHD de l'Escaut maritime (IHD-Z) et dans le plan Sigma actualisé. La superficie totale des types d'habitats classés dans le groupe estuaires s'élève actuellement à environ 4 680 ha, dont environ 3 460 ha d'eau (chenal). Les IHD-Z pour le groupe d'écotope « estuaires » et pertinents pour la localisation de la CND et la nature de ses activités sont présentés au Tableau 2-55.

Les wetlands concernent, quant à eux, les sols des vallées alluviales et sont en grande partie situés à l'intérieur des digues (du côté des terres). Les habitats terrestres typiques sont les prairies maigres de fauche, les mégaphorbiaies humides, les mares localement eutrophes, les îles flottantes très localisées, les tourbières mésotrophes et les forêts alluviales. Les espèces protégées au niveau européen qui trouvent leur habitat dans ces zones sont la loche de rivière, la bouvière, le triton crêté, la petite grenouille verte, la leucorrhine à gros thorax, le castor et de nombreuses espèces d'oiseaux protégées au niveau européen : martin-pêcheur d'Europe, butor étoilé, busard des roseaux, râle des genêts, blongios nain, gorgebleue à miroir, bihoreau gris, spatule blanche, marouette ponctuée, avocette élégante, héron pourpré, phragmite aquatique ; ainsi que les oiseaux aquatiques migrateurs et hivernants suivants : canard pilet, sarcelle d'hiver, canard chipeau, tadorne de Belon, canard souchet et mouette rieuse. Les IHD-Z pour le groupe d'écotope « wetlands » et pertinents pour la localisation de la CND et la nature de ses activités sont présentés au Tableau 2-56.

Les troisième et quatrième groupes d'écotopes (« paysages forestiers » et « paysages de prairies et de marais dans les vallées des ruisseaux et des rivières avec des transitions localisées vers la forêt alluviale ») ne se trouvent pas dans le domaine d'étude de la présente évaluation appropriée et ne seront en aucun cas affectés par le projet.

Le Tableau 2-57 présente les IHD-Z pour les espèces protégées au niveau européen pertinentes pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet.

Tableau 2-55 Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk – Types d’habitats européens pertinents pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet au sein du groupe d’écotope « estuaires »

Habitat		Objectif de superficie	Objectif de qualité
1130 – Estuaires	Objectif	+	+
	Description	<p>Actuellement : 4 684 ha en dehors des zones de développement naturel du plan Sigma. [Étant donné que l’habitat actuel dans les zones de développement naturel Sigma sera en majeure partie converti en d’autres types d’habitats, seule la superficie en dehors des zones de développement naturel du plan Sigma a été prise en compte pour déterminer la superficie de l’habitat actuel pour les types d’habitats qui font l’objet d’une proposition d’expansion.]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 156 ha dans la SBZ-H BE2300006 • 2 ha dans la SBZ-H BE2300044, 488 ha dans la SBZ-V BE2301235 • 33 ha dans la SBZ-V BE2301336 • 5 ha en dehors des SBZ [Cela concerne des bandes très étroites de slikke/schorre le long de la Grande Nèthe et de la Petite Nèthe, ainsi que des décalages entre la carte des habitats et la carte SBZ.] <p>Objectif : + 2 000 ha net dont 905 ha dans la SBZ-H2300006, 460 ha dans la SBZ-V2301336, 346 ha en dehors des SBZ et 300 ha encore à déterminer ; par une expansion effective (valeur guide 1 420 ha, dont valeur guide de 628 ha dans la SBZ-H2300006) et une conversion ; par la création de nouveaux milieux estuariens à marée sous la forme de zones à marée réduite contrôlée (GOG-GGG) et de dépoldérisations (2 000 ha par rapport à la situation en 2015. 30 ha ont entre-temps été réalisés dans la zone GOG-GGG Lippenbroek et la dépoldérisation de Heusden a été réalisée).</p>	<p>Bon état de conservation en ce qui concerne le fonctionnement écologique de l’ensemble de l’estuaire, en ce compris la zone pélagique/navigable.</p> <p>Bonne qualité chimique de l’eau, avec des concentrations élevées en oxygène dans l’estuaire qui ne descendent pas en dessous de 5 mg/l en été et de 6 mg/l en hiver.</p> <p>Espace suffisant pour les processus estuariens, avec une attention particulière pour les eaux peu profondes, les slikkes et les schorres.</p> <p>Ne pas favoriser davantage l’augmentation de l’amplitude des marées et de l’énergie marémotrice.</p> <p>Éviter le déversement de matériaux de dragage ou effectuer un déversement stratégique de manière à tenir compte autant que possible de la morphodynamique du fleuve.</p> <p>Tenir compte au maximum des schémas saisonniers du cycle de vie des espèces estuariennes lors des travaux de gestion et d’infrastructure.</p> <p>Réduire les débits élevés d’eau douce lors des pointes de débit.</p> <p>Réduire l’apport en sédiments des cours supérieurs.</p>



1310 – Végétations pionnières à <i>Salicornia</i> et autres espèces halophiles annuelles des zones boueuses et sableuses	Objectif	+	+
	Description	Actuellement : 0,6 ha (1310) et 0,2 ha (1320). Ces superficies sont incluses dans la superficie du type d'habitat 1130. Objectif : expansion, superficie difficile à quantifier. Cette expansion est incluse dans l'expansion du type d'habitat 1130.	Objectif : espace suffisant pour la dynamique naturelle et les processus hydromorphologiques, avec une transition de la slikke au schorre. Veiller en permanence à la bonne qualité de l'eau et des sédiments.
1320 - Prés à <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>)	Objectif	+	+
	Description	Actuellement : 0,6 ha (1310) et 0,2 ha (1320). Ces superficies sont incluses dans la superficie du type d'habitat 1130. Objectif : expansion, superficie difficile à quantifier. Cette expansion est incluse dans l'expansion du type d'habitat 1130.	Objectif : espace suffisant pour la dynamique naturelle et les processus hydromorphologiques, avec une transition de la slikke au schorre. Veiller en permanence à la bonne qualité de l'eau et des sédiments.
1330 - Prés salés atlantiques (<i>Glaucopuccinellietalia maritimae</i>)	Objectif	+	+
	Description	Actuellement : 48,9 ha. Cette superficie est incluse dans la superficie du type d'habitat 1130. Objectif : +110 ha. Cette expansion est incluse dans l'expansion du type d'habitat 1130.	Objectif : conservation ou création d'un espace suffisant pour la dynamique de l'érosion et de la sédimentation, avec une transition naturelle de la slikke au schorre. Veiller en permanence à la bonne qualité de l'eau et des sédiments.
3270 - Rivières avec berges vaseuses avec végétation du <i>Chenopodium rubri p.p.</i> et du <i>Bidention p.p.</i>	Objectif	+	+
	Description	Actuellement : 1,8 ha. Cette superficie est incluse dans la superficie du type d'habitat 1130. Objectif : expansion, difficile à quantifier. Cette expansion est incluse dans l'expansion du type d'habitat 1130.	Objectif : conservation ou création d'un espace suffisant pour la dynamique de l'érosion et de la sédimentation, avec une transition naturelle de la slikke au schorre. Veiller en permanence à la bonne qualité de l'eau et des sédiments.
6430 – Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin, sous-type « association d'épilobe à grandes feuilles »	Objectif	+	+
	Description	Actuellement : environ 65 ha. [La carte des habitats répertorie 39 ha de 6430_hw ; la carte de la végétation de 2003 (Vandevoorde et al. in press) fait état de 67 ha de 6430_hw, dont environ 65 ha au sein de la SBZ.] Cette superficie est incluse dans la superficie du type d'habitat 1130. Objectif : expansion, difficile à quantifier. Cette expansion est incluse dans l'expansion du type d'habitat 1130.	Objectif : conservation ou création d'un espace suffisant pour la dynamique de l'érosion et de la sédimentation, avec une transition naturelle de la slikke au schorre. Veiller en permanence à la bonne qualité de l'eau et des sédiments.



Tableau 2-56 Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - Types d'habitats européens pertinents pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet au sein du groupe d'écotope « wetlands »

Habitat		Objectif de superficie	Objectif de qualité
6430 - Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin	Objectif	+	+
	Description	<p>Actuellement : 52 ha en dehors des zones de développement naturel du plan Sigma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 46 ha dans la SBZ-H BE2300006 • 6 ha dans la SBZ-V BE2301235 <p>Objectif : superficie totale de 69 ha</p> <p>L'habitat supplémentaire prévu dans les G-IHD pour le rôle des genêts et la marouette ponctuée sera créé dans les zones de développement naturel du plan Sigma (conformément aux décisions du gouvernement flamand du 22 juillet 2005 et du 28 avril 2006). L'habitat 6430 sera intégré dans l'habitat de ces espèces. Le type d'habitat se développera sous la forme d'un ourlet entre d'autres types d'habitats et de biotopes d'importance régionale (RBB) aux endroits qui présentent une gestion intermédiaire ou des conditions abiotiques intermédiaires. P. ex. ourlets gérés de manière moins intensive autour des prairies de fauche humides ou endroits moins humides le long des roselières ou d'autres types de marais. Ces conditions sont suffisantes pour le rôle des genêts et la marouette ponctuée, car ils n'ont besoin que d'une petite partie de ce type d'habitat dans leur habitat.</p>	
6510 - Prairies maigres de fauche de basse altitude (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	Objectif	+	+
	Description	<p>Actuellement : 37 ha en dehors des zones de développement naturel du plan Sigma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 22 ha dans la SBZ-H BE2300006 • 15 ha dans la SBZ-V BE2301235 <p>Les formes bien développées sont très rares et le type d'habitat est presque exclusivement présent sur les digues (moins de 5 ha en dehors des digues).</p> <p>Objectif : + 132 ha, en tenant compte d'une valeur guide de 98 ha pour l'expansion.</p> <p>Les G-IHD prévoient, en outre, un habitat supplémentaire pour le rôle des genêts. Cet habitat sera créé dans les zones de développement naturel du plan Sigma (conformément aux décisions du gouvernement flamand du 22 juillet 2005 et du 28 avril 2006). Entre 232 et 476 ha sont prévus au sein de cet habitat et seront</p>	

		répartis en mosaïque avec d'autres types de prairies sur des sols mésotrophes (rbb_hf, rbb_hc...).	
		• 132 ha dans la SBZ-H BE2300006	
		• 106-227 ha en dehors des SBZ	

Tableau 2-57 Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk – Espèces protégées au niveau européen pertinentes pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet

Bouvière	
Objectif de population	Conservation de la population et de la superficie actuelles
Objectif de qualité	Lutte pour une bonne qualité de l'habitat
Alose feinte	
Objectif de population	Restauration d'une population en bon état de conservation dans l'Escaut maritime et ses affluents à marée ; expansion de la superficie actuelle en amont et des affluents à marée Migration massive d'adultes au printemps et présence massive de juvéniles en été
Objectif de qualité	Lutte pour une bonne qualité de l'habitat Bonne qualité de l'eau de l'Escaut et de ses affluents, concentration en oxygène suffisante Restauration d'une bonne qualité structurelle de l'estuaire, avec suffisamment de slikkes à faible dynamique et de zones subtidales (peu profondes) Conservation et restauration d'habitats de frai et d'élevage appropriés dans la zone tidale d'eau douce (Escaut et ses affluents), et plus particulièrement dans les zones (peu profondes) non perturbées, dépourvues de courants trop rapides
Murin à oreilles échancrées	
Objectif de population	Présence de colonies estivales de l'espèce, avec présence de femelles en gestation et/ou de juvéniles chaque année ; recherche de la présence d'une population durable
Objectif de qualité	Objectif pour l'été : amélioration de la qualité de l'habitat dans les forêts, les prairies riches en insectes et les mégaphorbiaies dans un environnement doté de petits éléments de paysage (KLE). Création de lisières de forêt graduelles, en particulier à proximité de pièces d'eau ouvertes. Conservation et amélioration de la qualité des pièces d'eau. Les objectifs sont réalisés dans le cadre des objectifs pour

	<p>les habitats 3150, 6430, 9120, 9160 et 91E0. Une attention particulière est accordée à la conservation des zones de liaison existantes et, le cas échéant, à l'expansion et à la liaison entre les forêts et les zones d'alimentation.</p> <p>Objectif pour l'hiver : conservation, aménagement et amélioration des zones d'hivernage</p>
Loche de rivière	
Objectif de population	Expansion de la population actuelle pour atteindre un bon état et expansion de la superficie dans la zone SBZ-H BE2300006
Objectif de qualité	Bonne qualité de l'eau dans l'estuaire et les cours d'eau de la vallée ; bonne connectivité (pour les poissons) entre l'estuaire et les cours d'eau de la vallée ; zones subtidales peu dynamiques et peu profondes dans l'estuaire et diversité structurelle suffisante dans l'estuaire et les autres cours d'eau
Lamproie de rivière	
Objectif de population	Établissement d'une population en bon état en Flandre, l'estuaire de l'Escaut servant de couloir de migration approprié
Objectif de qualité	L'Escaut et ses affluents constituent un couloir de migration optimal pour cette espèce entre la mer et ses zones de frai. Bonne qualité de l'eau dans l'estuaire. Absence d'obstacles à la migration entre l'estuaire et les cours supérieurs.
Pipistrelle de Nathusius, noctule commune, murin de Naterrer, murin de Daubenton, murin des marais	
Objectif de population	Présence de colonies estivales de ces espèces, avec présence de femelles en gestation et/ou de juvéniles chaque année ; recherche de la présence d'une population durable pour chacune de ces espèces
Objectif de qualité	<p>Objectif pour l'été : amélioration de la qualité de l'habitat dans les forêts, les prairies riches en insectes et les mégaphorbiaies dans un environnement doté de petits éléments de paysage (KLE). Création de lisières de forêt graduelles, en particulier à proximité de pièces d'eau ouvertes. Conservation et amélioration de la qualité des pièces d'eau. Les objectifs sont réalisés dans le cadre des objectifs pour les habitats 3150, 6430, 9120, 9160 et 91E0. Une attention particulière est accordée à la conservation des zones de liaison existantes et, le cas échéant, à l'expansion et à la liaison entre les forêts et les zones d'alimentation.</p> <p>Objectif pour l'hiver : conservation, aménagement et amélioration des zones d'hivernage</p>
Pipistrelle soprane, pipistrelle commune, sérotine commune	
Objectif de population	Conservation et expansion de la population existante
Objectif de qualité	Conservation de la qualité existante, conservation et expansion de la connectivité entre les zones

2.5.4.4 SBZ-V BE2301336 « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever »

2.5.4.4.1 Espèces protégées

La zone Oiseaux est répertoriée comme suit.

Oiseaux nicheurs

- Busard des roseaux
- Gorgebleue à miroir
- Martin-pêcheur d'Europe
- Butor étoilé
- Spatule blanche
- Marouette ponctuée
- Avocette élégante
- Sterne pierregarin
- Pluvier à collier interrompu
- Mouette mélanocéphale
- Échasse blanche

Oiseaux aquatiques migrateurs et hivernants

- Sarcelle d'hiver
- Tadorne de Belon
- Cygne de Bewick
- Spatule blanche
- Canard souchet
- Canard pilet
- Canard chipeau
- Combattant varié
- Avocette élégante
- Pluvier doré
- Oie cendrée
- Canard siffleur
- Oie rieuse
- Busard Saint-Martin
- Mouette rieuse
- Phragmite aquatique

L'INBO assure chaque année le suivi des oiseaux aquatiques dans l'Escaut maritime. Quelques-uns des **oiseaux aquatiques** courants dans l'Escaut maritime à hauteur de la CND sont énumérés ci-dessous (Van Ryckegem et al., 2014, 2015, 2016, 2017, 2018).

- Cormoran
- Tadorne de Belon
- Bécasseau variable
- Bernache du Canada

- Grèbe huppé
- Oie cendrée
- Vanneau huppé
- Avocette élégante
- Canard chipeau
- Fuligule morillon
- Canard pilet
- Huîtrier pie
- Canard siffleur
- Fuligule milouin
- Chevalier gambette
- Canard colvert
- Sarcelle d'hiver
- Courlis cendré
- Mouette mélanocéphale

Les observations ci-dessous s'appliquent aux oiseaux aquatiques pour la période de départ 2013 et 2014 (Van Ryckegem et al., 2014 en 2015).

Les tendances générales des effectifs mensuels d'oiseaux le long de l'Escaut maritime en 2013 et 2014 restent similaires aux années précédentes. Les chiffres de l'hiver montrent une tendance à la baisse depuis 1999, se stabilisant depuis 2008 à environ 25 000 à 30 000 oiseaux d'hiver recensés. Le principal déclin est dû à une forte diminution du nombre de canards siffleurs et de sarcelles d'hiver. Les maximas hivernaux sont observés lors des mois de décembre et janvier. Les plus faibles nombres sont recensés en mars. L'Escaut maritime est l'une des plus importantes zones d'hivernage pour les oiseaux aquatiques en Flandre. L'importance internationale de l'Escaut maritime en tant que zone d'hivernage a cependant chuté et seul le canard chipeau atteint désormais la norme de 1 % (chiffres d'importance internationale). En ce qui concerne l'Escaut maritime en tant que zone Oiseaux, moins de 2 % (2013) et moins de 1 % (2014) de la population du nord-ouest de l'Europe ont passé l'hiver dans l'Escaut maritime. Contrairement aux attentes, on n'observe pas d'augmentation majeure du nombre d'espèces d'oiseaux piscivores. La population de grèbe huppé a au contraire chuté considérablement depuis la fin des années 1990 dans la zone mésohaline (à laquelle appartient le présent domaine d'étude).

Le tadorne de Belon est l'« oiseau aquatique nicheur » dominant dans l'Escaut maritime. Le canard colvert est, après le tadorne de Belon, l'oiseau nicheur le plus répandu le long de l'Escaut maritime. Le canard chipeau n'est pas un nicheur commun le long de l'Escaut maritime.

Les observations ci-dessous s'appliquent aux oiseaux aquatiques pour la période 2015-2017 (Van Ryckegem et al., 2016, 2017 et 2018).

Au cours des hivers 2015, 2016 et 2017, les effectifs mensuels d'oiseaux le long de l'Escaut maritime étaient dans l'ensemble légèrement inférieurs à ceux des années précédentes. L'importance internationale de l'Escaut maritime pour les oiseaux aquatiques hivernants est donc historiquement basse. Dans l'Escaut maritime, seul le canard chipeau atteint encore 1 % de la population estimée du nord-ouest de l'Europe.

Après une période d'augmentation (2012-2015), on a constaté une diminution du nombre d'espèces d'oiseaux benthivores dans l'Escaut maritime inférieur.

En conclusion générale, les effectifs d'oiseaux dans l'Escaut maritime affichent une tendance continue à la baisse.

Au cours de la période 2013-2017, tous les grands schorres saumâtres le long de l'Escaut maritime dans la zone IHD (dont le Doelpolder Noord, le Doelpolder Midden, le Prosperpolder, le Schor Ouden Doel et le Paardenschor) ont fait l'objet d'un inventaire annuel en ce qui concerne les **oiseaux nicheurs**. Les espèces d'oiseaux ci-dessous viennent se reproduire chaque année dans la partie nord de la zone portuaire d'Anvers, sur la rive gauche (cette zone comprend le Doelpolder Noord, le Doelpolder Midden, le Prosperpolder, le Schor Ouden Doel et le Paardenschor).

- Panure à moustache
- Gorgebleue à miroir
- Busard des roseaux
- Grèbe castagneux
- Avocette élégante
- Marouette ponctuée
- Phragmite des joncs
- Huîtrier pie
- Canard souchet
- Chevalier gambette

Les espèces plus rares (panure à moustache, avocette élégante, marouette ponctuée et chevalier gambette) ont montré une tendance stable au cours des cinq dernières années. À plus long terme, le busard des roseaux montre une tendance à la baisse. L'importance des espèces plus communes (gorgebleue à miroir, grèbe castagneux, phragmite des joncs, canard souchet et sarcelle d'été) augmente à mesure que des zones Sigma sont aménagées.

Parmi les espèces qui se reproduisent chaque année dans la zone IHD de l'estuaire de l'Escaut, une partie considérable de la population de barge à queue noire, de locustelle luscinoïde, de blongios nain et de sarcelle d'été est observée en dehors du port. Jusqu'en 2017, plusieurs espèces ne sont que rarement venues se reproduire dans la zone IHD de l'estuaire de l'Escaut (rousserolle turdoïde, bihoreau gris, râle des genêts, spatule blanche, butor étoilé et tarier des prés) ou n'ont jamais été répertoriées en tant qu'oiseaux nicheurs (héron pourpré).

2.5.4.4.2 Objectifs de conservation

Les objectifs de population pour les oiseaux nicheurs concernent les oiseaux nicheurs cibles et le nombre de couples nicheurs cibles. Les objectifs de population pour les oiseaux non nicheurs concernent les espèces migratrices et hivernantes cibles et le nombre d'individus cibles.

Les objectifs de qualité concernent toujours une amélioration de la qualité de l'habitat. Le calme et une bonne qualité de l'eau, entre autres, sont importants dans ce contexte.

2.5.4.5 Description et évaluation des incidences

2.5.4.5.1 Incidences sur la SBZ-H « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent »

2.5.4.5.1.1 Incidence sur les habitats

Incidences résultant de la hausse de température due au déversement d'eaux de refroidissement

Le domaine d'étude comporte plusieurs zones naturelles importantes, tant à l'intérieur qu'au-delà des digues. En ce qui concerne l'aspect « végétation », le déversement d'eaux de refroidissement peut uniquement avoir une incidence sur les zones de slikke et de schorre situées au-delà des digues.

Les slikkes sont inondées deux fois par jour à marée haute. Les schorres sont uniquement inondés aux marées de vive-eau, qui se produisent en moyenne deux fois par mois. Le rapport des cinq campagnes de suivi de la température menées à hauteur de la CND (Arcadis, 2012) montre clairement que le panache de chaleur s'étend en amont de la CND à marée montante, et donc qu'il n'atteint pas les zones de slikke et de schorre situées en aval de la CND, comme le Schor Ouden Doel et le Paardenschor. Ces informations permettent clairement de conclure que le déversement d'eaux de refroidissement n'aura aucune incidence sur la végétation des zones de slikke et de schorre le long de l'Escaut.

Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques

La description et l'évaluation des incidences de l'eutrophisation et de l'acidification dues aux retombées atmosphériques de NO_x et de SO₂ provenant de la CND ont été effectuées au paragraphe 2.5.3.1.2 de la discipline Biodiversité. La méthodologie décrite dans les guides pratiques liés à l'eutrophisation et à l'acidification par l'air a été suivie pour évaluer l'importance d'une incidence sur les objectifs de conservation de la zone Habitats. Aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir à la suite des activités industrielles de la CND en ce qui concerne l'eutrophisation et l'acidification des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent ».

2.5.4.5.1.2 Incidence sur les espèces

Incidences résultant de la hausse de température due au déversement d'eaux de refroidissement

Pour l'évaluation générale des incidences sur les organismes aquatiques, il est fait référence au paragraphe 2.5.3.1.5 de la discipline Biodiversité. Les paragraphes ci-dessous traitent plus spécifiquement des espèces de poissons pour lesquelles la SBZ-H est répertoriée, à savoir la lamproie de rivière et l'aloise feinte, et qui sont présentes dans l'estuaire à hauteur de la CND.

Lamproie de rivière

Bien qu'elle ne soit pas un poisson, la lamproie de rivière est une espèce indicatrice qui est très sensible à la pollution et aux faibles concentrations en oxygène. Jusqu'à présent, la lamproie de rivière n'a été capturée qu'occasionnellement dans l'Escaut maritime en amont de Doel. Cette espèce de cyclostome est pêchée en faible quantité chaque année, surtout au printemps. La longueur des spécimens capturés et leur période de capture (surtout au printemps) suggèrent qu'il s'agit principalement de spécimens adultes qui migrent vers la mer (Breine & Van Thuyne et al., 2015 à 2019 inclus).

La lamproie de rivière utilise essentiellement l'Escaut maritime comme route de passage entre les habitats adultes (Escaut occidental, mer du Nord) et les zones de parturition et de nurserie (eau douce). Les jeunes spécimens se développent dans les ruisseaux et les rivières dont l'eau est de bonne qualité, où ils s'enfouissent dans les bancs limoneux et se nourrissent de détritus, d'algues et de petits organismes. À

l'issue de la métamorphose, les spécimens adultes migrent en direction de la mer. Ils séjournent entre 2,5 et 3,5 ans dans les eaux côtières et les embouchures, où ils mènent une vie parasitaire pour d'autres poissons (principalement les clupéidés et les gadiformes). Au moment du frai, ils retournent dans les cours médians et supérieurs des fleuves pour pondre leurs œufs dans des sédiments fluviaux sableux grossiers à caillouteux, à une profondeur de 0,5 à 1 m, après quoi ils meurent.

La migration de frai des lamproies de rivière adultes a lieu entre décembre et avril. La migration des jeunes lamproies de rivière vers la mer atteint son apogée en février et mars. La migration a lieu la nuit. Sur la base des observations de terrain disponibles, on peut conclure que la lamproie de rivière utilise exclusivement le chenal comme route migratoire. Les engins de pêche installés dans la partie de la colonne d'eau située entre la laisse de basse mer et la laisse de haute mer capturent rarement des lamproies de rivière (Maes & Ollevier, 2005).

Selon la discipline Eau, le chenal de l'Escaut à l'est de la levée est à tout moment jugé praticable pour les organismes aquatiques. On peut également conclure que la lamproie de rivière n'est pas présente à hauteur de la CND pendant la période où l'impact de la hausse de température due au déversement d'eaux de refroidissement est le plus important, c'est-à-dire pendant les périodes extrêmement chaudes. On peut, par ailleurs, affirmer que la zone où la hausse de température sera importante (c'est-à-dire la zone située à l'intérieur de la levée) ne sera pas considérée comme un habitat essentiel pour la lamproie de rivière. Les habitats larvaires, où les larves s'enfouissent, sont situés en eau douce et ne seront donc pas affectés par l'exploitation de la CND.

Maes & Ollevier (2005) ont réalisé une étude sur la présence de la lamproie de rivière en se basant sur le gradient mensuel de capture de lamproies de rivière dans les eaux de refroidissement échantillonnées à Doel. Ils ont conclu que la lamproie de rivière est surtout susceptible de pénétrer dans les eaux de refroidissement pendant les migrations. Des quantités relativement importantes de lamproies récemment métamorphosées sont capturées en février, tandis que les adultes atteignent un pic en automne. Une analyse de régression sur ces données ne peut démontrer aucune relation statistiquement significative entre la présence de la lamproie de rivière dans l'Escaut maritime inférieur à hauteur de Doel et un certain nombre de facteurs environnementaux importants, tels que la température de l'eau, le débit d'eau douce, la salinité, la concentration en oxygène ou la quantité de matières en suspension (Maes & Ollevier, 2005). Le gradient de densité est principalement lié au cycle de vie même et est donc extrêmement stable et prévisible.

Sur la base des arguments ci-dessus, on peut conclure que l'impact du déversement thermique n'aura pas d'incidence significative sur la conservation de cette espèce dans l'estuaire de l'Escaut.

Alose feinte

Des aloses feintes sont aujourd'hui régulièrement capturées sur la côte flamande dans des filets de plage tendus pour la pêche récréative. Depuis 1996, des aloses feintes sont à nouveau pêchées en nombre croissant dans l'Escaut maritime. Cette augmentation est probablement directement liée aux teneurs accrues en oxygène. Rien n'indique cependant que l'espèce s'y reproduise également.

L'alose feinte passe une partie de sa vie en eau salée, mais migre vers des zones d'eau douce pour se reproduire. L'alose feinte fraie en amont des fleuves, précisément là où l'effet des marées n'est plus perceptible. Breine & Van Thuyne (2014) ont cependant observé des aloses feintes en période de frai dans

la zone tidale d'eau douce de l'Escaut maritime. Aucune activité de frai n'a néanmoins été observée dans les courants forts. Lorsque le recrutement est réussi, les jeunes aloses feintes retournent à la mer en août-septembre. À la fin avril-début mai, lorsque la température de l'eau se situe entre 10 et 12 °C, les aloses feintes adultes remontent l'Escaut maritime. Le moment du retrait est en corrélation positive avec l'augmentation de la température et de la teneur en oxygène. À l'issue de la période de frai, les aloses feintes retrouvent le chemin de la mer (Breine & Van Thuyne, 2014).

La présence d'aloses feintes à hauteur de la CND est également confirmée par l'échantillonnage récent de Breine & Van Thuyne (2014 à 2019 inclus). Le nombre d'aloses feintes varie sensiblement d'une année à l'autre. Elles sont généralement capturées au printemps. Il s'agit alors de spécimens adultes. Contrairement à 2014, des juvéniles d'alse feinte ont été capturés chaque année entre 2015 et 2019, ce qui indique qu'un recrutement a eu lieu. Une amélioration de la qualité de l'eau et un assainissement des sols limoneux dans la zone tidale d'eau douce de l'Escaut maritime sont souhaitables pour permettre une reproduction fructueuse. L'alse feinte n'est pas présente à des teneurs en oxygène inférieures à 3 mg/l et évite les zones où la teneur en oxygène est inférieure à 4 mg/l.

Sur la base des observations de terrain disponibles, on peut conclure que l'alse feinte utilise principalement l'Escaut maritime à hauteur de la CND comme route migratoire. L'alse feinte est un clupéidé qui fraie dans l'Escaut en amont d'Anvers. Selon la discipline Eau, le chenal de l'Escaut à l'est de la levée est à tout moment jugé praticable pour les organismes aquatiques. La zone située à hauteur de la CND n'est pas un habitat essentiel pour le frai et les larves ; ces zones sont situées plus en amont.

Sur la base des arguments ci-dessus, on peut conclure que l'impact du déversement thermique n'aura pas d'incidence significative sur la conservation de cette espèce dans l'estuaire de l'Escaut.

Loche de rivière

La loche de rivière est une espèce qui est principalement rencontrée dans les ruisseaux et les fossés situés à l'intérieur des digues de l'estuaire de l'Escaut. La loche de rivière n'est pas présente dans l'Escaut maritime inférieur (Vandelannoote et al., 1990). Des données récentes de Breine & Van Thuyne (2013 à 2019 inclus) sur l'ichtyofaune montrent également que la loche de rivière n'a pas été observée à hauteur de la CND.

Sur la base de la présence de l'espèce et de ses besoins en matière d'habitat, on peut affirmer avec certitude que l'exploitation de la CND n'aura aucune incidence sur cette espèce ni sur ses objectifs de conservation.

Bouvière

La bouvière est une espèce qui n'est que peu ou pas présente à hauteur de la CND. Cette espèce est principalement observée le long de l'Escaut en amont d'Anvers (Breine & Van Thuyne, 2013 à 2019 inclus).

Sur la base de la présence de l'espèce et de ses besoins en matière d'habitat, on peut affirmer avec certitude que l'exploitation de la CND n'aura aucune incidence sur cette espèce ni sur ses objectifs de conservation.

Incidences sur la concentration en oxygène résultant du déversement d'eaux de refroidissement

Conformément à l'objectif de qualité en la matière, la concentration en oxygène dans l'estuaire de l'Escaut ne doit pas être inférieure à 5 mg/l en été et à 6 mg/l en hiver.

Les mesures montrent qu'aucune diminution de la concentration en oxygène n'est observée à la suite du déversement d'eaux de refroidissement, probablement en raison de l'enrichissement en oxygène pendant le processus de refroidissement proprement dit. On peut donc conclure que le déversement d'eaux de refroidissement n'aura aucune incidence sur l'objectif de conservation de l'estuaire de l'Escaut en ce qui concerne la concentration en oxygène.

Mortalité directe à hauteur du point de captage des eaux de refroidissement

La centrale nucléaire de Doel dispose d'un système de guidage des poissons basé sur le bruit. Les poissons sont effrayés par cette production sonore et arrivent donc moins facilement dans la prise d'eau. Le système repousse principalement les poissons dotés d'une vessie natatoire. Cet organe, comparable à un poumon, régule la position des animaux dans l'eau et capte les sons sous l'eau. La lamproie de rivière n'a pas de vessie natatoire ; l'alose feinte et la bouvière en sont quant à elles dotées.

Les poissons et les crevettes qui passent malgré tout à travers les mailles du système dissuasif sont renvoyés dans l'Escaut en toute sécurité via un système adapté. La mortalité est ainsi réduite de 88 % pour les poissons et de 100 % pour les crustacés. Cela correspond à 95,5 % des effectifs et à 90 % de la biomasse des poissons et des crustacés (Maes et al., 1999).

Il n'est donc pas à exclure que la lamproie de rivière, en particulier, soit tuée sporadiquement à hauteur de la prise d'eau. Compte tenu de la haute efficacité du système dissuasif et du système de guidage pour poissons, le nombre de décès (mortalité directe) de lamproies de rivière et de toutes les autres espèces de poissons présentes à proximité de la prise d'eau est toutefois jugé limité. À cet égard, aucune incidence considérablement négative sur les objectifs de conservation des espèces de poissons concernées n'a été identifiée.

Pollution due au déversement de substances chimiques

Conformément à l'objectif de qualité en la matière, l'eau de l'estuaire de l'Escaut doit présenter une bonne qualité chimique. Ce critère est également important pour la lamproie de rivière, l'alose feinte et la loche de rivière.

Au cours de l'exploitation de la CND, les effluents suivants sont produits : eaux usées sanitaires, eaux usées industrielles et eaux de refroidissement.

En ce qui concerne les paramètres nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate, la discipline Eau prévoit une contribution annuelle moyenne négligeable (inférieure à 0,1 %). On ne s'attend donc pas à ce que le déversement de la CND dans l'Escaut ait un impact significatif sur l'eutrophisation sur une base annuelle moyenne. La discipline Eau a constaté un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. Bien que la charge soit plutôt limitée, ces débordements peuvent provoquer des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND.

La qualité de l'eau de l'Escaut maritime s'est considérablement améliorée ces dernières années, mais on ne peut encore parler à aucun endroit de l'estuaire d'un bon état chimique ou écologique au sens des critères de la directive-cadre sur l'eau. Dans les années 1970 et 1980, la qualité de l'eau de l'Escaut

maritime était très mauvaise, a fortiori dans la zone d'eau douce. Des charges organiques très élevées entraînaient de très faibles concentrations en oxygène, de sorte que le fleuve était pour ainsi dire mort. À cette époque, l'eau contenait aussi des quantités importantes de substances toxiques (p. ex. des métaux lourds, des polluants organiques, etc.). La situation était légèrement plus favorable dans l'Escaut occidental en raison du mélange avec l'eau de mer plus propre et plus riche en oxygène. Grâce aux efforts consentis en termes d'épuration de l'eau, la qualité de l'eau dans l'estuaire s'est améliorée dans les années 1990. Tant la quantité de substances toxiques que la quantité d'éléments nutritifs ont fortement diminué, tandis que la concentration en oxygène a augmenté (Soetaert et al., 2006). Beaucoup d'éléments nutritifs continuent néanmoins à circuler dans l'estuaire, ce qui se traduit par la prolifération d'algues. L'amélioration du climat d'oxygène entraîne également un retour, une augmentation et un déplacement dans la composition des espèces des animaux vivant dans le sol. Si une population saine de zooplancton se développe à nouveau dans la zone d'eau douce de l'Escaut maritime, ces petits animaux pourront aider à contrôler la prolifération d'algues. Si l'Escaut contient de l'oxygène et du plancton, le stock de poissons augmentera également. Cette évolution est déjà perceptible à ce jour. La faible production primaire en période de forte pollution pourrait s'expliquer par la limitation de la prolifération d'algues en raison des très faibles teneurs en oxygène ou des fortes concentrations en ammonium, mais aussi par la disponibilité limitée de lumière dans les eaux troubles de l'Escaut (Managementplan Natura 2000 1.0, Zeeschelde (SIGMA), 19/12/2014).

On peut supposer que le débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires de la CND contribue dans une mesure limitée au problème de l'eutrophisation dans l'Escaut. La discipline Eau prévoit cependant une contribution annuelle moyenne négligeable (inférieure à 0,1 %) pour les paramètres des éléments nutritifs nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate. La contribution de la CND aux concentrations en éléments nutritifs dans l'Escaut n'est pas considérée comme ayant une incidence considérablement négative sur les objectifs de qualité de l'estuaire de l'Escaut et les objectifs de conservation des espèces de poissons répertoriés.

En ce qui concerne les autres paramètres déversés par la CND, la contribution par rapport à la norme de qualité environnementale est négligeable (inférieure à 0,1 %) et aucune incidence considérablement négative n'est attendue sur les objectifs de qualité de l'estuaire de l'Escaut et les objectifs de conservation des espèces de poissons répertoriés.

Espèces exotiques

En raison du déversement d'eaux de refroidissement, les températures localement plus élevées peuvent servir de refuge à certaines espèces exotiques, surtout en période hivernale. En été, ces espèces seront alors plus susceptibles de se reproduire dans le panache chaud.

Tant que ces espèces ne se reproduisent pas, le danger est moindre. Si les conditions thermiques deviennent optimales pour la reproduction en raison du déversement d'eaux de refroidissement et si les espèces concernées sont également en mesure de survivre sous ces latitudes pendant l'hiver, un phénomène de concurrence avec les espèces indigènes peut se produire, ce qui peut avoir des conséquences majeures sur l'ensemble de l'écosystème estuarien de l'Escaut. Vu que cela peut avoir un impact sur l'ichtyofaune indigène, dont certaines espèces sont protégées au niveau européen, il est recommandé d'effectuer un suivi de cette incidence en cas de constat de reproduction d'espèces exotiques et, le cas échéant, de prendre les mesures qui s'imposent. Il est à ce stade difficile d'évaluer dans quelle

mesure les espèces exotiques constituent une menace pour les espèces protégées au niveau européen. L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que la présence d'espèces exotiques dans la zone située à l'intérieur de la levée est insignifiante. On ne peut donc pas parler d'une abondance accrue d'espèces exotiques à l'intérieur de la levée.

2.5.4.5.2 Incidences sur la SBZ-V « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever »

Les incidences sur la zone Oiseaux SBZ-V « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever » concernent principalement les perturbations. Le renouvellement d'autorisation n'entraînera en effet aucune perte directe de biotope de reproduction, de repos ou d'alimentation pour les oiseaux qui nichent, migrent, se nourrissent ou se reposent. Le déversement d'eaux de refroidissement ne devrait pas non plus avoir d'incidence significative sur les populations d'oiseaux présentes.

En ce qui concerne les perturbations, une estimation de l'incidence de l'exploitation de la centrale nucléaire de Doel sur les oiseaux nicheurs et non nicheurs visés à l'annexe I pour lesquels des objectifs de conservation ont été fixés est réalisée. Dans ce contexte, l'attention se concentre sur les zones suivantes :

- Doelpolder Noord, Doelpolder Midden et Prosperpolder ;
- le Schor Ouden Doel et le Paardenschor ;
- la rive gauche de l'Escaut à hauteur de la centrale nucléaire de Doel.

Aucune perturbation n'est à prévoir sur les autres zones qui font partie de la SBZ-V « Beneden-Schelde : schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever », comme le Galgenschoor, le Groot Buitenschoor, le Ketenisseschor, etc. Ces zones sont en effet situées à une distance suffisante et en dehors de la sphère d'influence sonore.

Pour l'évaluation de la sensibilité aux perturbations et les valeurs limites pour les espèces d'oiseaux pertinentes à proximité de la CND, il est fait référence aux paragraphes 2.5.3.1.10 et 2.5.3.1.11 de l'EIE. La Figure 2-59 présente les contours de bruit à 45, 50 et 55 dB(A) pour les sources continues pendant la journée, la soirée et la nuit dans la situation de départ 2013-2014. Les contours sont les mêmes que pour la phase d'exploitation 2015-2018, car le champ source ne change pas.

En ce qui concerne les sources discontinues (non pertinentes pendant la soirée et la nuit, car ces sources sont uniquement testées pendant la journée), le contour de nuisance de 50 dB(A) reste entièrement confiné au site de la CND. Les perturbations dues aux sources discontinues de la CND ne sont donc pas examinées plus en détail.



Figure 2-59 Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones Natura 2000

Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND au cours de la période 2015-2018 et dans la situation future 2019-2025 peuvent être évaluées comme suit.

- À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». On peut conclure que ces roselières et ces slikkes le long de la rive de l'Escaut au sein de la zone Oiseaux et adjacentes à la CND sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Les groupes d'espèces présents (petits oiseaux chanteurs, échassiers, grèbes, huîtres et avocettes...) sont sensibles à très sensibles aux perturbations. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Le contour de nuisance de 50 dB n'atteint pas le Galgenschuur, de l'autre côté de l'Escaut.
- Au nord, à l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux. Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans la zone Oiseaux au nord, à l'ouest et au sud de la CND sont jugées limitées.

On peut conclure que le contour de nuisance de 50 dB s'étend au-delà des limites du site de la CND, principalement à l'est de la CND. On peut dès lors affirmer que les roselières et les slikkes le long de la rive de l'Escaut et adjacentes à la CND sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Cette zone de rivage est relativement étroite comparativement aux zones de slikke et de schorre de la zone Oiseaux au nord de la CND (Paardenschor, Schor Ouden Doel), qui ne sont pas touchées par le contour de nuisance de 50 dB lié à l'exploitation de la CND. Au nord, à l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». Compte tenu du fait que la zone perturbée le long de la rive de l'Escaut adjacente à la CND présente une superficie plutôt limitée et qu'aucune modification des perturbations sonores émanant de la CND n'est prévue, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir sur les objectifs de conservation des espèces d'oiseaux dans la zone Oiseaux.

2.5.4.6 Conclusion

En conclusion, l'exploitation de la centrale nucléaire de Doel n'aura pas d'incidence considérablement négative sur les objectifs de conservation fixés pour les zones spéciales de conservation SBZ-V « Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever » et SBZ-H « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent ». La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

Sur la base de l'évaluation appropriée, aucune mesure d'atténuation ne s'avère nécessaire, car aucune incidence considérablement négative n'est attendue sur les objectifs de conservation des SBZ au sein du domaine d'étude.

2.5.5 Évaluation renforcée de la nature

2.5.5.1 Introduction, localisation et description de la zone VEN

En application du décret flamand sur la nature, un réseau écologique flamand (VEN – Vlaams Ecologisch Netwerk) a été délimité. Celui-ci se compose de « grandes entités naturelles » (GEN – Grote Eenheden Natuur) et de « grandes entités naturelles en développement » (GENO – Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling).

En vertu de l'article 26bis, il doit être démontré qu'une activité exercée dans ou à proximité d'une zone VEN ne peut causer aucun préjudice inévitable et irréparable à la nature dans le VEN (évaluation renforcée de la nature).

Si une autorisation est demandée pour une activité exercée à l'intérieur ou l'extérieur du VEN, l'autorité ne peut pas l'accorder si l'activité peut causer un préjudice inévitable ou irréparable à la nature dans le VEN. Dans ce cas (p. ex. lors de la demande d'un permis de construire ou d'une autorisation écologique), la commune, la province ou autre doit toujours demander conseil à l'Agentschap voor Natuur en Bos. Des conditions peuvent être imposées en vue de l'autorisation des travaux.

Un « préjudice inévitable » désigne les dommages qui seront causés de toute façon, quelle que soit la manière dont l'activité est menée. Un « préjudice évitable » désigne donc les dommages qui peuvent être

évités en exerçant l'activité d'une autre manière (p. ex. avec d'autres matériaux, à un autre endroit, etc.). Ce type de préjudice est interdit partout en Flandre.

Un « préjudice irréparable » signifie que les dommages ne peuvent plus être réparés. On entend par « réparation des dommages » la restauration, à l'endroit des dommages, d'un habitat quantitativement et qualitativement similaire à celui qui était présent avant les dommages.

Une autorisation pour des dommages inévitables, mais réparables, peut donc bien être accordée.

Les « **Slikken en schorren langsheen de Schelde** » sont répertoriés en tant que « grandes entités naturelles » (GEN - Grote Eenheden Natuur) (zone n° 304) et font partie du réseau écologique flamand (VEN) (cf. Annexe A – Carte 17). Étant donné que le site de la CND est adjacent à cette zone VEN, une évaluation naturelle renforcée est effectuée.

La voie navigable de l'Escaut et les slikkes et schorres adjacents sont très dynamiques en raison de l'effet des marées et ont une très grande valeur écologique. La productivité naturelle élevée de l'écosystème a des répercussions sur l'ensemble de la chaîne alimentaire, tant en termes d'espèces que d'effectifs. Le gradient d'eau salée-saumâtre-douce présent dans les zones de marées joue un rôle important. En raison de la structure qui définit le paysage, cette zone se situe sur la route migratoire de la faune migratrice. Les rives de l'Escaut constituent des zones de liaison majeures entre les grandes zones naturelles (Verdronken land van Saeftinghe), les autres grandes étendues saumâtres (Galgenschoor, Groot buitenschoor, Schor Ouden Doel) et les zones de compensation plus récentes faites de slikkes et de schorres (Ketenisseschor, Paardenschor, Prosperpolder, Lillo-Potpolder...) le long de l'Escaut. Les rives ont donc une importante fonction de réseau. Les zones mentionnées ci-dessus font toutes partie de la zone VEN. Les rives de l'Escaut à hauteur de la CND entrent également dans le périmètre de cette zone VEN.

2.5.5.2 Évaluation des incidences

2.5.5.2.1 Consommation d'espace

Le projet n'entraînera aucune consommation directe d'espace dans la zone VEN.

2.5.5.2.2 Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques

La description et l'évaluation des incidences de l'eutrophisation et de l'acidification dues aux retombées atmosphériques de NO_x et de SO₂ provenant de la CND ont été effectuées au paragraphe 2.5.3.1.2 de la discipline Biodiversité. La méthodologie décrite dans les guides pratiques liés à l'eutrophisation et à l'acidification par l'air a été suivie pour évaluer l'importance de ces incidences. Aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir à la suite des activités industrielles de la CND en ce qui concerne l'eutrophisation et l'acidification des végétations de slikke et de schorre adjacentes dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

2.5.5.2.3 Perturbations

Pour l'analyse de la sensibilité aux perturbations et les valeurs limites pour les espèces d'oiseaux pertinentes à proximité de la CND, il est fait référence aux paragraphes 2.5.3.1.10 et 2.5.3.1.11 de l'EIE. La Figure 2-60 présente les contours de bruit à 45, 50 et 55 dB(A) pour les sources continues pendant la journée, la soirée et la nuit dans la situation de départ 2013-2014. Les contours sont les mêmes que pour la phase d'exploitation 2015-2018, car le champ source ne change pas.

En ce qui concerne les sources discontinues (non pertinentes pendant la soirée et la nuit, car ces sources sont uniquement testées pendant la journée), le contour de nuisance de 50 dB(A) reste entièrement confiné au site de la CND. Les perturbations dues aux sources discontinues de la CND ne sont donc pas examinées plus en détail.



Figure 2-60 Contours de bruit 2013-2014 (= phase d'exploitation dans la situation future) par rapport aux zones VEN

Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND au cours de la période 2015-2018 et dans la situation future 2019-2025 peuvent être évaluées comme suit.

- À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone VEN. On peut conclure que ces roselières et ces slikkes le long de la rive de l'Escaut au sein de la zone Oiseaux et adjacentes à la CND sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Les groupes d'espèces présents (petits oiseaux chanteurs, échassiers, grèbes, huîtres et avocettes...) sont sensibles à très sensibles aux perturbations. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Le contour de nuisance de 50 dB n'atteint pas le Galgenschoor, de l'autre côté de l'Escaut.
- Au nord, à l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même. Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans la zone VEN au nord, à l'ouest et au sud de la CND sont jugées limitées.

On peut conclure que le contour de nuisance de 50 dB s'étend au-delà des limites du site de la CND, principalement à l'est de la CND. On peut dès lors affirmer que les roselières et les slikkes le long de la rive de l'Escaut et adjacentes à la CND sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Cette zone de rivage est relativement étroite comparativement aux zones de slikke et de schorre de la zone VEN au nord de la CND (Paardenschor, Schor Ouden Doel), qui ne sont pas touchées par le contour de nuisance de 50 dB lié à l'exploitation de la CND. Au nord, à l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même. Compte tenu du fait que la zone perturbée le long de la rive de l'Escaut adjacente à la CND présente une superficie plutôt limitée et qu'aucune modification des perturbations sonores émanant de la CND n'est prévue, aucun préjudice inévitable et irréparable à la zone VEN n'est à prévoir du fait de l'exploitation de la CND. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

2.5.6 Suivi

Aucune mesure de suivi n'est jugée nécessaire.

2.5.7 Mesures d'atténuation et recommandations

Aucune mesure d'atténuation n'est jugée nécessaire.

2.5.8 Lacunes de connaissances

Aucune donnée n'a été trouvée dans la littérature sur la température à laquelle une réaction de fuite se produit chez les poissons à la suite d'une fluctuation de température. C'est pourquoi l'EIE se base sur la température létale pour évaluer les incidences.

Une étude complète des communautés de phytoplancton fait défaut. Selon Van Damme et al. (2003) et Brys et al. (2006), les communautés de phytoplancton dans l'étendue saumâtre ne permettent pas d'évaluer l'état écologique. Par conséquent, une étude complète sur les communautés phytoplanctoniques n'est pas jugée pertinente dans le cadre de la présente EIE pour évaluer les incidences de la hausse de température due au déversement des eaux de refroidissement et du débordement des eaux usées sanitaires de la CND.

2.5.9 Conclusions

L'impact de l'eutrophisation et de l'acidification, des perturbations, du captage d'eau, du déversement d'eaux de refroidissement et du déversement de substances chimiques dans la situation LTO ne différera pas significativement des émissions dans la situation de départ. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

L'impact de la CND sur la biodiversité est évalué comme suit par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

- Eutrophisation et acidification dues aux retombées atmosphériques résultant de l'exploitation de la CND
 - Le **dépôt d'azote** lors de la phase d'exploitation de la CND s'élève à maximum 0,071 kg N/(ha.an), ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts d'azote dans les types d'habitats européens à proximité du site industriel. On peut conclure que les dépôts d'azote de la CND dans le cadre du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative en ce qui concerne l'eutrophisation des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits).
 - On peut conclure que les **dépôts acidifiants** de la CND évalués dans le cadre du présent projet n'ont pas d'incidence considérablement négative sur les écosystèmes du domaine d'étude. Le dépôt acidifiant de la CND s'élève en effet à maximum 5,06 A_{eq}/(ha.an), ce qui est inférieur aux 5 % des valeurs critiques de dépôt pour les dépôts acidifiants dans les écosystèmes à proximité du site industriel. Par conséquent, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir à la suite des activités industrielles de la CND en ce qui concerne l'acidification des types d'habitats européens environnants dans la zone Habitats « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des végétations de slikke et de schorre dans la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » (qui chevauche la première par endroits).
- Perturbations
 - À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », qui est également répertoriée en tant que zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » et en tant que zone Ramsar. On peut conclure que ces roselières et ces slikkes le long de la rive de l'Escaut sont fortement perturbées par le bruit lié à l'exploitation de la CND. Les groupes d'espèces

présents (petits oiseaux chanteurs, échassiers, grèbes, huîtriers et avocettes...) sont sensibles à très sensibles aux perturbations. Il s'agit, par ailleurs, d'une perturbation sonore continue, ce qui laisse raisonnablement supposer que l'avifaune en présence s'adapte dans une certaine mesure. Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND le long des roselières et des slikkes sur la rive de l'Escaut, à hauteur de la CND, sont jugées négatives. Les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB n'atteignent pas le Galgenschoor, de l'autre côté de l'Escaut.

- Au nord de la CND, les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB ne s'étendent pas jusqu'à la réserve naturelle reconnue « Schor Ouden Doel » (incidence négligeable).
- À l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». Le contour de nuisance de 50 dB n'empiète pas sur la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Le contour de nuisance de 45 dB chevauche légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde » et la zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Les perturbations résultant de l'exploitation de la CND dans les zones de polders à l'ouest et au sud de la CND sont considérées comme une incidence négativement limitée.
- Captage d'eau
 - La CND extrait des eaux de refroidissement de l'Escaut via une prise d'eau qui est séparée spatialement en deux parties distinctes : une pour le refroidissement des unités Doel 1 et Doel 2 et une autre, mise en service en 1991, pour Doel 3 et Doel 4. L'eau passe d'abord à travers un tamis pour filtrer les objets présents afin de prévenir l'obstruction des conduits. Cette opération est toutefois réalisée différemment aux deux points de captage.
 - Pour ce qui est du point de captage des eaux de refroidissement de Doel 1 et 2, l'épuration mécanique s'opère à l'extérieur des digues, à hauteur même de la prise d'eau, au moyen de grilles placées directement sur l'entrée. De cette façon, les poissons et les crustacés ne peuvent pas pénétrer dans le circuit d'eaux de refroidissement. On ne constate donc aucune mortalité de poissons ou de crustacés à hauteur de ce point de captage.
 - La configuration est différente pour Doel 3 et 4. On a ici opté pour un système qui achemine d'abord l'eau de manière gravitaire depuis l'Escaut vers un puits de collecte situé sur le site même. Depuis ce puits de collecte, l'eau était envoyée dans un système de filtres à bande rotatifs. En 1997, un système répulsif pour poissons a été installé au niveau de la prise d'eau, avec un système de filtrage adapté aux poissons et une rigole d'écoulement. Des ondes sonores sont utilisées pour éloigner les poissons du point de captage. Les poissons sont effrayés par cette production sonore et arrivent donc moins facilement dans la prise d'eau. Sur la base du suivi réalisé par la KU Leuven (Maes et al., 1996), dans le cadre duquel il a été constaté qu'en l'absence de mesures, les prises quotidiennes de poissons et de crustacés s'élevaient respectivement à 22 437 et 50 248 individus, on peut cependant affirmer que, grâce au système répulsif pour poissons, seuls 1 010 poissons en moyenne et un nombre insignifiant de crustacés meurent chaque jour en raison du captage d'eau de Doel 3 et 4. En comparaison avec le résultat de l'étude de la KU Leuven (Maes et al., 1996), qui indique qu'environ 18 millions de poissons et 7

millions de crustacés passent chaque heure à hauteur de la centrale nucléaire, l'impact a été réduit à un niveau négligeable grâce aux différentes mesures mises en œuvre. On peut dès lors affirmer qu'aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir en ce qui concerne la mortalité des poissons et des crustacés à hauteur de la prise d'eau. La capacité des points de captage d'eau dans l'Escaut ne sera pas modifiée au cours du projet.

- Déversement d'eaux de refroidissement
 - Le groupe animal le plus sensible est celui des poissons. La température létale pour les poissons dépend fortement des espèces. L'incidence sur les poissons est généralement nulle dans la plage de température comprise entre 10 et 22 °C. La plage comprise entre 22 et 28 à 30 °C constitue une zone de stress. Ce n'est qu'à partir de 28 °C qu'un stress significatif se produit, avec des conséquences létales. On peut dès lors affirmer que, dans des conditions moyennes et presque tout au long de l'année, aucune incidence considérablement négative n'est à prévoir sur l'ichtyofaune. Seules les espèces les plus sensibles éviteront la zone la plus proche du point de déversement en s'en éloignant. La littérature ne contient cependant pas de données spécifiques aux espèces sur le comportement d'évitement et les réactions de peur des poissons vis-à-vis des déversements d'eaux de refroidissement. C'est pourquoi l'évaluation est principalement basée sur les températures létales. Dans la zone située à l'intérieur de la levée, à partir de 850 en aval du point de déversement, les températures descendent en dessous de 10 °C en hiver et au printemps (campagnes de suivi Arcadis 2012), atteignant ainsi les températures basses requises par les espèces de poissons telles que la grémille et l'éperlan pour l'induction de la reproduction.
 - L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que l'ichtyofaune a tendance à s'attarder dans la zone située à l'intérieur de la levée, où la température de l'eau est plus élevée. Cette zone est également moins dynamique que la zone à l'extérieur de la levée. La présence du bar commun, une espèce marine thermophile, montre que cette espèce utilise la zone à l'intérieur de la levée en guise de refuge hivernal. La sole reste à l'intérieur et à proximité de la zone de la levée. Certaines espèces utilisent la zone réchauffée à l'intérieur de la levée en guise de nurserie. Cela indique donc la présence d'une abondance accrue d'espèces indigènes thermophiles (bar commun et sole) à l'intérieur de la levée. Enfin, le déversement d'eaux de refroidissement peut jouer un rôle important dans la survie d'espèces exotiques thermophiles. L'échantillonnage des organismes aquatiques dans le panache d'eaux de refroidissement de la CND réalisé par l'INBO en 2013 (Breine & Van Thuyne) a montré que la présence d'espèces exotiques dans la zone située à l'intérieur de la levée est insignifiante. On ne peut donc pas parler d'une abondance accrue d'espèces exotiques à l'intérieur de la levée.
 - Sur la base de l'étude d'incidence ci-dessus, l'incidence du déversement des eaux de refroidissement de la CND sur les communautés aquatiques dans l'Escaut inférieur n'est pas jugée considérablement négative.
- Déversement de substances chimiques : au cours de l'exploitation de la CND, les effluents suivants sont produits : eaux usées sanitaires, eaux usées industrielles et eaux de refroidissement. Le déversement d'éléments nutritifs dans l'Escaut peut entraîner une eutrophisation. Le

déversement de substances dangereuses dans l'Escaut peut avoir des incidences écotoxicologiques.

- Eutrophisation
 - En ce qui concerne les paramètres des éléments nutritifs nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate, la discipline Eau prévoit une contribution annuelle moyenne négligeable. On ne s'attend donc pas à ce que le déversement de la CND dans l'Escaut ait un impact significatif sur l'eutrophisation sur une base annuelle moyenne. La discipline Eau a constaté un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. Bien que la charge soit plutôt limitée, ces débordements peuvent provoquer des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée, où sont déversées les eaux usées sanitaires et industrielles et les eaux de refroidissement de la CND.
 - On peut supposer que le débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires de la CND contribue dans une mesure limitée au problème de l'eutrophisation dans l'Escaut, ou du moins localement à hauteur du point de déversement de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée. La mesure dans laquelle cela entraîne une augmentation de la prolifération d'algues et une réduction de la visibilité pour les poissons-chasseurs, un déplacement dans la composition des espèces du phytoplancton et une augmentation de la production de biomasse des niveaux trophiques supérieurs dans la zone située à l'intérieur de la levée reste toutefois une lacune de connaissances. On ne connaît pas non plus l'incidence cumulative des propriétés physiques (dynamique des marées, temps de séjour, turbidité, profondeur) et de la hausse de température dans la zone située à l'intérieur de la levée, où sont déversées les eaux usées sanitaires et industrielles et les eaux de refroidissement de la CND, sur le degré d'eutrophisation. Selon Van Damme et al. (2003) et Brys et al. (2006), les communautés de phytoplancton dans l'étendue saumâtre ne permettent pas d'évaluer l'état écologique. Par conséquent, une étude complète sur les communautés phytoplanctoniques n'est pas jugée pertinente pour l'évaluation des incidences dans le cadre de la présente EIE. Afin de réduire l'effet de débordement des eaux usées sanitaires de la CND, la discipline Eau recommande d'évaluer la faisabilité de séparer les eaux pluviales des eaux usées sanitaires (mesure à la source) et la possibilité d'installer un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires (mesure en bout de chaîne), et ce au niveau conceptuel et selon les meilleures techniques disponibles (MTD).
- Incidences écotoxicologiques
 - De l'hypochlorite de sodium (NaOCl) est ajouté à l'eau de refroidissement afin de prévenir l'encrassement biologique. L'encrassement biologique (biofouling) est le processus par lequel des organismes principalement sessiles, comme les huîtres, les moules, etc. se fixent sur les conduits d'entrée et de sortie des systèmes d'eau de refroidissement, entre autres. L'ajout d'hypochlorite de sodium (NaOCl) vise à contrecarrer cet encrassement biologique.
 - Le NaOCl réagit pour former des chlorures. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 100 µg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Le chlore actif est considéré comme une substance hautement toxique. Pour le chlore

actif, la concentration à laquelle les poissons ne ressentent aucun effet se situe en dessous de 1 µg/l. Le chlore actif n'est pas très persistant et se dissipe assez rapidement dans les eaux superficielles (sa dégradabilité est de l'ordre de quelques minutes). La vitesse de transformation dépend toutefois de nombreux facteurs (température, degré de mélange dans les eaux superficielles, teneur en réducteurs) (Berbee, 1997). Les teneurs en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées de la CND sont inférieures à 100 µg/l. On peut conclure que lors du déversement de chlore actif, des incidences toxicologiques aiguës sur les organismes aquatiques peuvent se produire localement autour du point de déversement et pendant une courte période (incidence négativement limitée).

- À la CND, le dosage de NaOCl est actuellement effectué sur la base de l'analyse de l'excès de chlore actif et de l'expérience acquise avec les joints des tours de refroidissement. Un éventuel dosage supplémentaire est effectué sur la base du contrôle de la croissance biologique sur des plaques témoins dans les tours de refroidissement et de mesures du poids du joint. On ne retrouve pas de chlore actif au-dessus du seuil de détection (< 100 µg/l) dans les eaux de refroidissement déversées. Dans le cadre du suivi du chlore actif dans les eaux de refroidissement en fonction du dosage de choc de NaOCl, la discipline Eau recommande d'effectuer le suivi du chlore actif à l'aide d'un capteur de mesure en ligne, en tenant compte d'un seuil de détection allant jusqu'à environ 10 µg/l (au lieu de 100 µg/l dans la situation actuelle). Et ce afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl en vue de réduire la consommation de NaOCl, d'abaisser la teneur en chlore actif dans les eaux de refroidissement déversées et de limiter la formation d'AOX.

2.6 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

Annexe A – Carte 20 : Patrimoine immobilier protégé

Annexe A – Carte 21 : Inventaires établis

Annexe A – Carte 22 : Inventaires scientifiques

2.6.1 Méthodologie

2.6.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie concerne le site de la CND et son environnement immédiat. Celui-ci s'intéresse principalement aux valeurs patrimoniales qui ont une relation visuelle avec le site, comme Lillo.

2.6.1.2 Description de la situation de départ

Lors de l'analyse de la situation de départ, une description est faite des éléments suivants :

- genèse paysagère : cette description est établie sur la base de la littérature disponible et de cartes historiques ;

- valeurs patrimoniales : pour ce faire, on utilise des bases de données en libre accès et des données sur le géoportail du patrimoine immobilier ;
- image du paysage au micro-niveau : décrite sur la base d'une visite sur le terrain, d'un montage photo, etc.

2.6.1.3 Description et évaluation des incidences

Les aménagements réalisés à la CND en vue de la LTO peuvent avoir une incidence sur l'environnement. Les interventions ne sont réalisées que dans les limites du site de la CND. Des perturbations peuvent être provoquées en raison de changements visuels dus à des modifications de l'infrastructure et à des perturbations du sol pendant les travaux d'excavation. Les incidences pertinentes pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie sont donc la modification de l'impact visuel sur le paysage et la perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers. Les processus en lien avec les processus de la CND sont également susceptibles de provoquer des dommages au paysage. L'exemple le plus classique est la détérioration de bâtiments (historiques) par des pluies acides. Ceci peut se traduire par une perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers. D'autres incidences, dues à des modifications du niveau des eaux souterraines ou du sol, ou des incidences dues aux nuisances sonores et aux vibrations, ne sont pas prises en considération.

Les incidences potentielles pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie seront décrites comme suit :

- modification de l'impact visuel sur le paysage : évaluation qualitative des caractéristiques perceptives ;
- perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers : évaluation qualitative des incidences sur le patrimoine présent.

Ces deux incidences peuvent se produire tant durant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 que durant la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025). Les incidences susceptibles de survenir durant la mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029) et l'option zéro sont également décrites, et ce de manière qualitative.

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour :

- la modification de l'impact visuel sur le paysage :
 - considérablement négative : forte perturbation visuelle des éléments patrimoniaux d'une ampleur considérable,
 - négative : forte perturbation visuelle provisoire des éléments patrimoniaux OU perturbation permanente d'une ampleur raisonnable,
 - négativement limitée : perturbation visuelle provisoire des éléments patrimoniaux et perturbation d'une ampleur plutôt limitée,
 - négligeable : aucune perturbation visuelle ou perturbation visuelle négligeable des éléments patrimoniaux,
 - positivement limitée : amélioration provisoire des caractéristiques visuelles des éléments patrimoniaux ou amélioration d'une ampleur limitée,
 - positive : amélioration des caractéristiques visuelles des éléments patrimoniaux d'une ampleur raisonnable (niveau local),

- considérablement positive : amélioration permanente des caractéristiques visuelles des éléments patrimoniaux d'une ampleur considérable ;
- la perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers :
 - considérablement négative : destruction/disparition permanente de valeurs patrimoniales paysagères, architecturales ou archéologiques protégées,
 - négative : destruction/disparition permanente de valeurs patrimoniales paysagères ou architecturales non protégées reprises dans l'atlas paysager ou dans la liste du patrimoine architectural. Destruction de patrimoine archéologique non documenté,
 - négativement limitée : modification provisoire/altération limitée d'éléments patrimoniaux. Altération de patrimoine archéologique documenté,
 - négligeable : incidences négligeables. Pas de patrimoine présent. Pas d'indication de et faible risque de présence de patrimoine archéologique,
 - positive : préservation des valeurs patrimoniales, avec, éventuellement, une amélioration du contexte.

2.6.2 Situation de départ

2.6.2.1 Genèse paysagère

Genèse paysagère physico-naturelle

Durant l'ère tertiaire, le nord de la Belgique se trouvait encore sous la mer du Nord. La partie où se trouvent les provinces d'Anvers et du Limbourg formait le bassin de la Campine. Le bassin de la Campine s'est comblé, couche après couche, en raison du dépôt de sédiments dans la mer de l'époque. Au cœur de la province d'Anvers, plusieurs couches sablonneuses importantes constituent actuellement un important aquifère de plus de 300 mètres d'épaisseur, le plus grand de Flandre. Au début de l'ère quaternaire, seule la partie nord de la province d'Anvers était encore sous l'emprise de la mer. Seuls des matériaux très fins se sont sédimentés, comme des sables fins et, localement, une couche d'argile. L'épaisseur de cette dernière n'a jamais dépassé 8 mètres. Durant l'avant-dernière ère glaciaire, il y a environ 200 000 ans, la baisse du niveau de la mer a été si considérable (la glace atteignait la région d'Amsterdam) qu'au moment le plus froid, il se situait jusqu'à 130 mètres plus bas que le niveau actuel de la mer du Nord. La majeure partie de la mer du Nord s'est par conséquent asséchée, contribuant à l'érosion. Le système fluvial moderne de Flandre, qui existait déjà en grande partie à l'époque, a creusé ses propres vallées. Tous les fleuves s'écoulaient en direction de l'ouest. L'Escaut inférieur, à partir de Rupelmonde, n'existait alors pas encore. C'est ainsi qu'apparut une grande vallée allongée, avec un axe principal est-ouest, de 10 à 20 km de large, et un fort élargissement jusqu'à 40 km au nord-ouest de Gand. L'ensemble est baptisé la « Vallée flamande ». À la fin de cette ère glaciaire, il y a 100 000 ans, les calottes glaciaires ont fondu et le niveau de la mer s'est élevé. La mer pénétra alors très profondément dans cette vallée flamande, jusqu'aux embouchures de la Dendre et de la Senne, pour arriver presque jusqu'à Malines. La vallée s'est, par conséquent, remplie de sable et de quelques fines couches d'argile, avec une épaisseur maximale de 30 mètres. Après que la mer s'était retirée de la Vallée flamande, le phénomène d'érosion s'est remis en marche pour niveler le relief. Les vallées fluviales se sont à nouveau remplies de matériaux provenant des zones intermédiaires. Les fleuves, très chargés, bouchèrent leur propre lit jusqu'à ce que l'eau trouve une nouvelle voie vers la mer via l'Escaut inférieur, il y a environ 10 000 ans²⁹.

La zone de polders très étendue en bordure de l'Escaut est presque entièrement plate. Les légères différences de niveau de la surface des polders sont généralement dues, d'une part, à des bandes d'envasement plus importantes dans les jeunes polders et, d'autre part, aux puits ou aux vasières dans les polders plus anciens, situés plus bas. De grandes parties des polders ont cependant été rehaussées au moyen de sable. Plusieurs cours d'eau ont surgi tout le long de la bordure des polders. La bordure des polders est drainée vers les polders via des canaux de drainage, un réseau de canaux presque artificiellement rectiligne, où plusieurs ruisseaux assurent ensemble l'écoulement vers l'Escaut.

Genèse paysagère historico-culturelle

Pendant le Moyen Âge, les déforestations furent légion. Elles ont provoqué des écoulements à grande échelle du matériel du sol des pentes, et des sédimentations de grandes quantités d'alluvions dans les vallées (Nieuwborg, 1996).

²⁹ <http://dov.vlaanderen.be/html/geologieSchetsWeb.pdf>

Au cours des VIII^e et IX^e siècles, on commença à endiguer le fleuve dans le bassin de l'Escaut inférieur afin de gagner des terres et se protéger contre les raz-de-marée (polders de Kruibeke et de Rupelmonde). Les premières digues de crue ont été érigées à partir des XII^e et XIII^e siècles. De grandes zones de slikke et de schorre ont par conséquent été perdues et des polders, utilisés comme prairies de fauche, ont été créés. Au XIX^e siècle, les polders ont été plantés de saules, d'aulnes et de peupliers (Nieuwborg, 1996).

L'importance majeure de l'Escaut et de ses affluents en tant que voie navigable a entraîné une forte industrialisation des vallées, qui s'est traduite par la création de zones industrielles et portuaires, de chantiers navals et d'un vaste réseau routier. À partir du XIX^e siècle, les polders de l'Escaut de la rive droite et, plus tard, ceux de la rive gauche, ont été rehaussés et fortement industrialisés.

Le site industriel de la CND se situe dans le paysage traditionnel des « Scheldepolders ten westen van de Schelde ». D'un point de vue paysager, les polders ouverts contrastent fortement avec les installations portuaires et industrielles (Antrop & Van der Reest, 2001). Les constructions verticales de la zone portuaire (notamment les tours de refroidissement de la CND) représentent une part essentielle de l'influence perceptive du paysage actuel. D'importantes valeurs paysagères ont cependant été préservées ou sont apparues sur les vestiges des polders et les terres surélevées. Les terres agricoles ouvertes sont bordées de digues plantées et les polders de l'Escaut sont habités par de petits villages et hameaux. Les digues sont une caractéristique très emblématique et à haute valeur de vestige de cette unité de paysage et sont aussi souvent liées à d'importantes valeurs naturelles. Les principaux éléments paysagers des polders sont les digues, les fossés et les ruisseaux.

2.6.2.2 Valeurs patrimoniales

Les valeurs patrimoniales présentes dans la situation de départ (2013-2014) sont décrites ci-après, mais conformément à la subdivision établie dans l'actuel décret relatif au patrimoine immobilier.

Patrimoine immobilier protégé

Les « Slikken en schorren van Oude Doel », situées à hauteur de et en aval de la CND, bénéficient d'une protection en tant que paysage historico-culturel. Ces slikkes et schorres font partie des schorres saumâtres le long de l'Escaut, au nord d'Anvers. Ils constituent les vestiges d'un réseau étendu de terres extérieures, que l'homme a maintes fois endiguées et transformées en terres cultivées fertiles.

Les slikkes et schorres de Oude Doel sont protégés en raison de leur valeur scientifique. Ils possèdent une valeur géomorphologique, car ils sont un vestige du système original complexe et très étendu de terres extérieures. De plus, la végétation présente y est rare et constitue une zone importante pour les oiseaux (zone de repos et d'alimentation pour les oiseaux aquatiques).

Un « mémorial britannique de la guerre » est érigé sur la Scheldedijk (Zoetenberm) à la limite nord du site de la CND. Ce monument est protégé.

Les environs du site de la CND comptent aussi les éléments de patrimoine immobilier protégé ci-dessous.

- Paysage historico-culturel protégé
 - Groot Buitenschoor – Galgeschoor (Scheldelaan, Lillo)
- Site rural protégé
 - Sint-Engelbertusstraat (Sint-Engelbertusstraat, Kieldrecht)

- Groothof, Prosperhoeve et ferme avec alentours (Belgische Dreef, Kieldrecht)
- Fort Lillo avec embarcadère et port de marée (Lillo)
- Monument protégé
 - Moulin en pierre (Scheldemolenstraat, Doel)
 - Hooghuis (Hooghuisstraat, Doel)
 - Paroisse Sint-Engelbertus avec jardin (Engelbertusstraat, Kieldrecht)
 - Église paroissiale Sint-Engelbertus (Engelbertusstraat, Kieldrecht)
 - Site du cimetière de la paroisse Sint-Engelbertus (Engelbertusstraat, Kieldrecht)
 - Ferme avec mobilier, meunerie et forge (Belgische Dreef, Kieldrecht)
 - Fort Lillo : fortifications (Lillo)
 - Fort Lillo : magasin à poudre (Kazerneplein, Lillo)
 - Fort Lillo : façades et couvertures des maisons des officiers (Kazerneplein, Lillo)
 - Fort Lillo : casemates (Kazerneplein, Lillo)
 - Moulin à grains « De Eenhoorn » (Scheldelaan, Lillo)

Inventaires établis

Des éléments de patrimoine architectural sont disséminés à proximité de la CND. Il est essentiellement question de fermes et d'habitations. L'école, la paroisse, l'église paroissiale, la gare et le moulin de Doel ont également été inscrits dans cet inventaire du patrimoine architectural.

À hauteur de Prosperdorp, on retrouve des éléments de patrimoine architectural (repris dans l'inventaire établi) à l'intérieur du site rural protégé délimité de la Sint-Engelbertusstraat. Sont ici notamment concernés l'école Sint-Michiels, les maisons sacristines et quelques maisons d'angle, villas et maisons bourgeoises, ainsi que les monuments protégés mentionnés ci-dessus. La grange transversale de la ferme 't Weideland est également reprise dans l'inventaire établi du patrimoine architectural.

À hauteur de Lillo, Fort Lillo est établi dans l'inventaire du patrimoine architectural. La maison communale, la maison d'octroi et l'église paroissiale Sint-Benedictus-Haven sont également établies dans cet inventaire.

Inventaires scientifiques

Au nord et à l'est, le site industriel de la CND est entouré par l'ensemble paysager des « Brakwaterschorren langsheen de Schelde ten noorden van Antwerpen ». Cette valeur patrimoniale, reprise dans l'inventaire scientifique, concerne la zone de schorre (Galgeschoor, Groot Buitenschoor et Schorren van Doel) le long des deux rives de l'Escaut, au nord d'Anvers, entre la frontière avec les Pays-Bas et l'ancien village de polder de Lillo. Une partie du village de polder historique de Doel ainsi que le Prosperpolder et Prosperdorp ont eux aussi été repris. La zone est entourée, à l'est, par les infrastructures industrielles et portuaires ; la limite sud est formée par le tunnel du Liefkenshoek.

Il s'agit des vestiges d'un vaste et complexe réseau de « terres extérieures » que l'homme a endiguées à maintes reprises, bon an, mal an, au cours de l'histoire et transformées en terres cultivées fertiles. L'ouverture et le caractère naturel de l'ensemble de cette zone se traduisent par une enclave « verte » esthétique et de grande valeur, nichée dans l'industrie et l'infrastructure du port d'Anvers. Le village de polder de Doel est un vestige historique rare et précieux des anciens petits noyaux résidentiels le long de l'Escaut. Les végétations de schorre et de slikke sont, à l'échelle nationale, extrêmement rares et abritent

une flore rare. La zone est aussi une zone de repos et d'alimentation importante pour les oiseaux aquatiques.

À l'ouest du site de la CND, dans un paysage de polders ouvert, se trouve un saule, arbre chapelle dans le Prosperpolder. Cet arbre constitue un élément paysager repris dans l'inventaire scientifique. Ce saule solitaire à feuilles étroites se dresse le long d'une route non asphaltée partant de la Polderdijk, au bord d'une parcelle de prairie dans le Prosperpolder. L'arbre a probablement été planté pour marquer la frontière administrative entre Doel et Kieldrecht. Une petite chapelle est fixée au tronc.

Un « mémorial britannique de la Deuxième Guerre mondiale », érigé sur la Scheldedijk (Zoetenberm) à la limite nord du site de la CND, est repris dans l'inventaire scientifique « patrimoine architectural ».

Archéologie

Aucune trace archéologique connue n'a été trouvée par le passé à hauteur de la CND (d'après la Databank Centraal Archeologische Inventaris). Le site n'est pas non plus répertorié en tant que zone sans patrimoine archéologique (Geoportaal Onroerend Erfgoed).

Les terres originales (polder, slikkes et schorres) sur le site de la CND ont été rehaussées au moyen de boues de dragage dans les années 1960, comme dans le reste de la zone portuaire sur la rive gauche et la rive droite de l'Escaut. Les terres de remblai sont d'origine anthropique et présentent une composition principalement sableuse. De possibles traces archéologiques peuvent être présentes sous ces remblais.

2.6.2.3 Image du paysage au micro-niveau

Implantation des installations actuelles

Pour l'implantation globale du site de la CND et des installations distinctes sur ce site, il est fait référence à la partie générale de la présente EIE (chapitre 1). Les éléments qui déterminent la structure de l'aménagement de la centrale sont, bien entendu, les différentes centrales elles-mêmes. Les centrales forment des blocs, qui sont grosso modo orientés est-ouest. Doel 1 et 2 forment un bloc commun, tandis que Doel 3 et Doel 4 forment chacune un bloc distinct. Chacun de ces blocs constitue une centrale électrique proprement dite, dans laquelle sont regroupées toutes les fonctions qui lui sont associées. Deux tours de refroidissement se trouvent également le long de l'Escaut. Avec leur hauteur d'environ 168 mètres, elles définissent en grande partie l'apparence de la centrale électrique. L'électricité produite est distribuée via des lignes aériennes. Les pylônes à haute tension sont également considérés comme des balises dans le paysage ouvert et plat des polders.

Situation visuelle de la CND

Des photos de la CND ont été prises depuis différents endroits afin d'en visualiser la présence dans le paysage. La Figure 2-61 indique les points de prise de vue. Ils sont numérotés de 1 à 6. Google Street View a été utilisé pour les photos. Les photos datent de la situation de départ, c'est-à-dire octobre 2013.

Les prises de vue montrent que le site de la CND constitue un repère important dans le paysage ouvert et plat des polders, et ce depuis n'importe quelle direction, essentiellement en raison des tours de refroidissement de 168 mètres de haut, qui dominent la vue de la centrale. Plus on s'approche de la centrale, plus les bâtiments des réacteurs et leur forme emblématique de coupole apparaissent comme des points de repère. Les tours de refroidissement et l'ensemble de la centrale nucléaire forment une balise dans le paysage.

Le paysage portuaire en arrière-plan est visible depuis le polder. On ne peut toutefois pas affirmer que le site de la CND se fond complètement dans l'arrière-plan industriel. Les distances jusqu'à la rive droite ou jusqu'au dock Deurganck (les zones industrielles les plus proches) sont trop grandes pour cela.

L'électricité produite est distribuée via des lignes aériennes, tant vers le sud que vers le nord. Côté nord, la ligne aérienne passe au-dessus de l'Escaut en direction du site industriel de BASF. Côté sud, les lignes en surface rejoignent le Waaslandhaven, en direction du dock Deurganck. Les polders à l'ouest et au nord sont épargnés autant que possible.

En résumé, on peut conclure que la centrale nucléaire constitue un point de vue important dans le paysage. En raison de la connexion du site au paysage industriel existant, formé par le port, il existe cependant une assise spatiale pour les grands éléments industriels existants.



Figure 2-61 Localisation des points de prise de vue



Photo à hauteur du point de prise de vue 1, Oostlangeweg (source : Google Street View - octobre 2013)



Photo à hauteur du point de prise de vue 2, Scheldemolenstraat (source : Google Street View - octobre 2013)



Photo à hauteur du point de prise de vue 3, Belgischereef (source : Google Street View - octobre 2013)



Photo à hauteur du point de prise de vue 4, Petrusstraat (source : Google Street View - octobre 2013)



Photo à hauteur du point de prise de vue 5, Engelsesteenweg (source : Google Street View - octobre 2013)



Photo à hauteur du point de prise de vue 6, Scheldemolenstraat (source : Google Street View - octobre 2013)

2.6.3 Évaluation des incidences

2.6.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. chapitre 1.6). Cette situation est comparée à la situation sans exploitation de la CND, mais en tenant compte de la présence des installations et bâtiments existants de la CND.

2.6.3.1.1 Perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers

Les aménagements de la CND en fonction de la LTO ont été réalisés dans les limites du site de la CND.

Les sites sur lesquels les travaux ont eu lieu ont été rehaussés par le passé, puis creusés. De potentielles découvertes archéologiques ne sont par conséquent attendues que sous les remblais. Les travaux d'excavation se sont limités aux remblais, de sorte qu'il n'y a pas eu de perturbation de l'éventuel patrimoine archéologique présent.

Aucun autre patrimoine qui aurait pu être influencé par les travaux n'est présent sur le site.

Les perturbations du patrimoine et des vestiges paysagers sont jugées négligeables.

2.6.3.1.2 Modification de l'impact visuel sur le paysage

La perturbation visuelle résultant des travaux réalisés dans le cadre de la LTO n'était que de nature provisoire. Elle concernait une perturbation résultant des travaux de construction et du stockage des terres et des matériaux dégagés.

Les travaux étaient localisés du côté est du site. Cette perturbation a été en grande partie masquée par les bâtiments et digues existants. C'est cependant de ce côté que se trouvent le paysage historico-culturel protégé « Slikken en schorren van Oude Doel » et l'ensemble paysager « Brakwaterschorren langsheen de Schelde ten noorden van Antwerpen ».

Au vu du caractère provisoire de la perturbation visuelle, du masquage par la digue intermédiaire et du contexte industriel actuel à hauteur des travaux, l'impact visuel sur le paysage sur le patrimoine présent est jugé négligeable.

2.6.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

2.6.3.2.1 Perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers

En ce qui concerne la phase d'exploitation dans la situation future, seules les incidences sur les valeurs patrimoniales et les éléments du paysage via l'air sont retenues comme étant possiblement pertinentes. Les incidences via l'air sont, dans une large mesure, imputables à la pollution atmosphérique, l'impact des pluies acides étant l'un des effets les plus connus. L'acidification est un terme qui porte sur les conséquences du dépôt d'acides dans l'environnement, conséquence de la transformation du SO₂ en acide sulfurique (H₂SO₄) et du NO_x en acide nitrique (HNO₃) via le NO₂. Le dépôt de ces acides entraîne des changements dans la végétation et altère les bâtiments.

Les nouveaux générateurs diesel prévus dans le cadre de la LTO sont soumis à des valeurs limites d'émission beaucoup plus strictes que celles appliquées aux installations existantes. En outre, ils utilisent du gasoil faible en soufre comme carburant. Les émissions des nouvelles installations seront négligeables par rapport aux émissions totales des moteurs de Doel 1 et Doel 2.

L'évaluation des incidences dans la discipline Air montre que les émissions dans l'atmosphère par la CND sont trop limitées pour donner lieu à des incidences sur l'environnement.

Aucune perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers n'est donc à prévoir (négligeable).

2.6.3.2.2 Modification de l'impact visuel sur le paysage

D'un point de vue paysager et comparativement à la situation de départ, le projet n'entraîne aucune modification pertinente. La situation de départ de la centrale nucléaire reste pratiquement inchangée, à l'exception de quelques nouvelles installations, que sont le Filtered Containment Vent et le bâtiment des

pompes. La taille de ces installations est toutefois limitée par rapport à l'échelle actuelle des tours de refroidissement et des bâtiments des réacteurs. L'impact visuel de la CND sur l'environnement ne change par conséquent pratiquement pas. Les nouvelles installations ont été conçues (au niveau de leur gabarit, de leur coloris et des matériaux) pour s'intégrer au mieux dans l'ensemble architectural des installations existantes de la CND. Le paysage historico-culturel protégé « Slikken en schorren van Oude Doel » et l'ensemble paysager « Brakwaterschorren langsheen de Schelde ten noorden van Antwerpen » ne subissent donc aucune perturbation supplémentaire.

En ce qui concerne les autres valeurs patrimoniales dans l'environnement, les changements résultant des nouvelles installations ne sont pas visibles, car visuellement dissimulés par les bâtiments et digues existants. À titre d'exemple, nous fournissons quelques photos de la situation actuelle qui ont été prises aux mêmes endroits qu'en 2013 (Figure 2-61).

L'incidence sur l'impact visuel sur le paysage est, par conséquent, jugée négligeable.



Photo à hauteur du point de prise de vue 1, Oostlangeweg (ARCADIS - août 2020)



Photo à hauteur du point de prise de vue 2, Scheldemolenstraat (ARCADIS - août 2020)



Photo à hauteur du point de prise de vue 3, Belgischedreef (ARCADIS - août 2020)



Photo à hauteur du point de prise de vue 4, Petrusstraat (ARCADIS - août 2020)



Photo à hauteur du point de prise de vue 5, Engelsesteenweg (ARCADIS - août 2020)



Photo à hauteur du point de prise de vue 6, Scheldemolenstraat (ARCADIS - août 2020)

Enfin, nous avons ajouté une autre photo prise depuis la rive droite, de l'autre côté de l'Escaut (Scheldelaan). Les aménagements réalisés dans le cadre de la LTO ne sont pas visibles à cet endroit.



Photo à hauteur de la Scheldelaan (source : Google Street View - août 2019)

2.6.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

Lors de la mise à l'arrêt définitif, il n'y aura aucun changement à l'infrastructure du site de la CND résultant des travaux d'excavation ou de construction. L'impact visuel sur le paysage de la CND ne changera par conséquent pas (négligeable).

La discipline Air montre que durant la mise à l'arrêt définitif, les groupes diesel continueront de tourner comme dans la situation de départ. Les émissions sont toutefois trop limitées pour donner lieu à une perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers par acidification. L'incidence sur le patrimoine et les vestiges paysagers est, par conséquent, négligeable.

2.6.3.4 Option zéro

Dans l'option zéro (= situation « no-LTO »), aucune intervention n'a lieu dans le cadre de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. Il n'y aurait donc pas de perturbation visuelle du paysage résultant des travaux de construction et des infrastructures supplémentaires. Notons, à cet égard, que cette perturbation est jugée négligeable dans la situation LTO.

La discipline Air montre que dans l'option zéro (c'est-à-dire lorsque Doel 1 et 2 ne sont plus en activité), les émissions en 2015 diminueraient de façon limitée par rapport à la situation de départ. Les émissions dans l'air par la CND sont cependant trop limitées pour donner lieu à une perturbation du patrimoine et des vestiges paysagers par acidification. On ne s'attend par conséquent à aucun changement de l'incidence sur le patrimoine et les vestiges paysagers. L'incidence reste négligeable.

En ce qui concerne la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie, on peut conclure qu'il n'y a pas de différence entre une MAD en 2015 (= option zéro) ou en 2025.

2.6.3.5 Incidences cumulatives

En ce qui concerne la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie, aucune incidence cumulative n'est attendue avec d'autres projets dans les environs.

2.6.3.6 Incidences transfrontalières

Il n'y a pas d'incidences transfrontalières pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie.

2.6.4 Suivi

Aucune mesure relative au suivi et à l'évaluation n'est nécessaire pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie.

2.6.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Aucune mesure d'atténuation ou recommandation n'est nécessaire pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie.

2.6.6 Lacunes de connaissances

Il n'y a pas de lacunes de connaissances.

2.6.7 Conclusions

L'incidence des travaux qui ont été réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO peut être qualifiée de négligeable pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie. La situation LTO ne comporte aucune incidence supplémentaire par rapport à la situation de départ.

Les incidences de la MAD et de l'option zéro sont également négligeables.

2.7 Homme – Santé et sécurité

Annexe A – Carte 3 : Plan régional

Annexe A – Carte 4 : Plan régional d'aménagement du territoire (GRUP)

Annexe A – Carte 23 : Utilisation du sol

Annexe A – Carte 24 : Fonctions vulnérables

Annexe A – Carte 25 : Sites des établissements Seveso

Annexe A – Carte 26 : Carte différentielle NO2 LTO

Annexe A – Carte 27 : Carte différentielle NO2 no LTO

2.7.1 Méthodologie

2.7.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude de cette discipline est défini par une zone de 5 km autour du site industriel. Si l'analyse montre que les incidences potentielles s'étendent au-delà de ce périmètre, une zone plus large sera étudiée.

2.7.1.2 Description de la situation de départ

Selon le nouveau manuel d'orientation de la discipline Homme – Santé, la description de la situation de référence est effectuée à la première étape de la phase A.

- PHASE A : inventaire (pré-phase)
 - Étape 1. Description de l'utilisation de l'espace et de la population concernée : cette phase comprend la description de l'utilisation de l'espace et de la population concernée dans le domaine d'étude.

Une description du climat acoustique et de la qualité de l'air à hauteur du domaine d'étude est également donnée. Dans ce contexte, il est fait référence aux disciplines « Nuisances sonores et vibrations » et « Air et climat ».

2.7.1.3 Description et évaluation des incidences

Selon le nouveau manuel d'orientation de la discipline Homme – Santé, la description et l'évaluation des incidences s'effectuent aux étapes ci-dessous.

- Étape 2. Identification des facteurs de stress environnementaux pertinents potentiels.
 - L'expert dresse une liste de tous les facteurs de stress environnementaux (pertinents) potentiels provenant des activités. Les facteurs de stress chimiques potentiels qui sont pertinents et examinés dans le cadre de l'EIE sont inclus dans une liste spécifique au secteur. Pour la CND, il s'agit du secteur « centrales électriques ». Pour ce secteur, on prend en compte les émissions dans l'air de SO_x, NO_x, ozone, N₂O, CH₄, HAP, métaux, PM_{2,5}, PM₁₀ et dioxines. Cependant, étant donné qu'il est uniquement question de combustion de diesel, seuls des SO_x, NO_x, HAP, PM_{2,5} et PM₁₀ sont émis. L'ozone est un polluant secondaire et aucune modélisation de la dispersion ne peut donc être effectuée.

D'autres facteurs de stress chimiques peuvent, en outre, être définis dans le cadre des disciplines abiotiques de l'EIE (par exemple le CO).

Tableau 2-58 Liste des facteurs de stress et des impacts connexes sur la santé dans le cadre du projet

Facteurs de stress	Description spécifique du facteur de stress et/ou de la source, impact sur la santé	Argumentation sur les raisons pour lesquelles le facteur de stress, s'il est présent, n'est pas inclus
Facteurs de stress chimiques		
Pollution atmosphérique	Émissions des engins de chantier et du trafic de chantier Émissions résultant de l'exploitation de la CND	La discipline Air montre que l'impact sur la qualité de l'air est négligeable, tant dans la phase de construction que dans la phase d'exploitation. Par conséquent, aucune incidence pertinente sur la santé n'est à prévoir.
Pollution du sol et des eaux souterraines	Émissions accidentelles	En cas d'émissions accidentelles, une action immédiate doit être entreprise, conformément au décret relatif au sol. La CND met en place les mesures nécessaires pour éviter la détérioration de la qualité du sol et des eaux souterraines. De plus, la loi relative au sol requiert une intervention immédiate en cas de contamination accidentelle. L'exposition à une pollution accidentelle du sol ou des

Facteurs de stress	Description spécifique du facteur de stress et/ou de la source, impact sur la santé	Argumentation sur les raisons pour lesquelles le facteur de stress, s'il est présent, n'est pas inclus
		eaux souterraines n'est donc pas étudiée plus en détail dans la discipline Homme – Santé.
Pollution des eaux superficielles	Déversement d'eaux usées	<p>Les eaux usées sanitaires sont déversées dans l'Escaut après épuration dans cinq biorotors. Les eaux usées industrielles sont collectées et évacuées séparément et sont déversées dans l'Escaut après avoir ou non été traitées.</p> <p>Étant donné que l'eau de l'Escaut n'est destinée ni au captage d'eau potable ni aux sports de détente, l'exposition à la pollution par les eaux superficielles n'est pas pertinente et n'est pas étudiée plus en détail dans cette discipline.</p>
Odeur	<p>Les principaux gaz de combustion émis sont inodores (CO, NO et CO₂) ou ne sont détectables qu'à des concentrations élevées (NO₂)³⁰. D'autres substances ayant une odeur caractéristique à la CND sont l'ammoniac et l'hydrazine, mais leurs conditions de stockage empêchent les émissions d'odeurs. Les nuisances olfactives ne sont donc pas étudiées plus en détail dans la discipline Homme – Santé.</p>	/
Facteurs de stress physiques		
Nuisances sonores	<p>Émissions sonores des engins de chantier et du trafic de chantier</p> <p>Émissions sonores résultant de l'exploitation de Doel 1 et 2</p>	/

³⁰ Le dioxyde d'azote a une odeur piquante et irritante. Le seuil olfactif se situe entre 100 µg/m³ et 410 µg/m³. En raison de l'adaptation, aucune odeur n'a cependant été détectée lors d'une augmentation progressive (15 minutes) de la concentration de 0 à 51 000 µg/m³ (source : OMS, Air Quality Guidelines, 2000).

Facteurs de stress	Description spécifique du facteur de stress et/ou de la source, impact sur la santé	Argumentation sur les raisons pour lesquelles le facteur de stress, s'il est présent, n'est pas inclus
Vibrations	Le nouveau bâtiment de filtrage de Doel 1 et 2 a été fondé sur des pieux forés (bâtiment de filtrage Doel 1 et 2), ce qui ne provoque aucune vibration perceptible en dehors du site industriel.	/
Vent	Malgré la présence de hautes constructions (tours de refroidissement), aucune nuisance éolienne importante n'est à prévoir compte tenu de la distance par rapport aux habitations.	/
Lumière, ombre	Ombre du panache de vapeur (phase d'exploitation)	/ (Une étude sera menée pour déterminer si le panache de vapeur émis peut être une source de nuisance en termes d'ombre.)
Chaleur	Déversement d'eaux de refroidissement dans l'Escaut	Aucune incidence sur la santé humaine n'est à prévoir en lien avec les incidences thermiques du déversement d'eaux de refroidissement dans l'Escaut.
Rayonnement électromagnétique	Aucune incidence n'est à prévoir en dehors des limites du site de la CND en ce qui concerne le rayonnement électromagnétique.	/
Facteurs de stress biologiques		
Risque d'infection	Les tours de refroidissement présentent un risque de développement de légionelles (phase d'exploitation).	/ (Le risque d'exposition aux légionelles sera évalué sur la base de l'historique des éventuelles contaminations et des mesures préventives existantes.)
Intoxication aiguë par des toxines	Aucune source pertinente de toxines biologiques n'est liée à la phase de construction ou à la phase d'exploitation de la CND.	/

Facteurs de stress	Description spécifique du facteur de stress et/ou de la source, impact sur la santé	Argumentation sur les raisons pour lesquelles le facteur de stress, s'il est présent, n'est pas inclus
Toxicité chronique	Aucune source pertinente de toxicité chronique d'origine biologique n'est liée à la phase de construction ou à la phase d'exploitation de la CND.	/
Allergènes	Aucune source pertinente d'allergènes n'est liée à la phase de construction ou à la phase d'exploitation de la CND.	/
Nuisances dues aux nuisibles	Aucun élément attirant les nuisibles n'entre en ligne de compte pendant la phase de construction ou la phase d'exploitation de la CND.	/
Autres		
Nuisances dues à la poussière	Retombées de poussière pendant la phase de construction	Les habitations sont situées à une distance suffisante de la CND. Les travaux doivent, en outre, être effectués conformément au VLAREM afin de limiter autant que possible les dépôts de poussière.
Proximité des espaces verts	Occupation des espaces verts	Les aménagements dans le cadre de la LTO ne sont réalisés que dans les limites du site de la CND. Le site est fermé par une clôture. Cela signifie que le site n'a actuellement pas de fonction publique. La proximité des espaces verts n'est donc pas pertinente dans le cadre de la discipline Homme – Santé.
Aspects psychosomatiques	Préoccupations des riverains concernant les activités de la CND (phase d'exploitation)	/ (Les éventuelles incidences psychosomatiques résultant de l'exploitation de la CND seront étudiées.)

- PHASE B : étude d'incidence environnementale (phase EIE)

- Étape 3. Inventaire des facteurs de stress : les facteurs de stress environnementaux pertinents potentiels sont inventoriés. La pertinence est évaluée par rapport aux critères de sélection en vue d'une évaluation sanitaire plus poussée de l'exposition (celle-ci diffère selon le facteur de stress). Les données d'exposition résultent de modélisations, de mesures des concentrations externes (émissions, immissions), d'estimations calculées ou d'évaluations qualitatives.
- Étape 4. Évaluation de l'impact sur la santé : l'analyse des risques sanitaires consiste à étudier les agents physiques, chimiques et biologiques présents dans l'environnement qui peuvent avoir un impact (pertinent) sur la santé. Pour évaluer l'impact d'une activité/d'un établissement sur la santé de la population concernée dans le domaine d'étude de l'EIE, les éléments suivants sont pris en considération :
 - la gravité de la modification de l'environnement (le cas échéant) par rapport au degré de dépassement des valeurs indicatives ;
 - l'ampleur et la nature des pressions environnementales existantes et la taille de la population concernée.
- PHASE C : post-évaluation
 - Étape 5. Post-évaluation.
 - L'initiateur du projet formule des propositions pour assurer un suivi dans le temps de certains facteurs de stress résultant du projet. Il peut s'agir de propositions telles que : mesures environnementales, enregistrements de données sanitaires, enregistrement et traitement des plaintes, sondage auprès de la population, organisation de la communication (de risque), suivi de la littérature scientifique, collaboration avec les services publics ou les professionnels de la santé locaux (p. ex. environnementalistes médicaux) ou éventuels groupes de réflexion locaux.

2.7.2 Description de l'utilisation de l'espace et de la population concernée

Le Tableau 2-59 donne un aperçu des divers aspects liés à l'utilisation de l'espace dans le domaine d'étude.

Tableau 2-59 Utilisation de l'espace dans le domaine d'étude de l'établissement

Utilisation de l'espace et population	Unité	Zone d'influence		Argumentation
		Nombre ou % du site	Distance et direction du vent par rapport à la source	
Utilisation de l'espace				Source : Geopunt, plan régional, orthophoto
Crèches	Nombre	6	2 à 4,5 km - NE 4,7 km - NE 4,8 km - NE 4,9 km - NE 4,9 km - SO	
Écoles maternelles	Nombre	3	4 km – NE 4,4 km - NE 4,9 km – NE	

Utilisation de l'espace et population	Unité	Zone d'influence		Argumentation
		Nombre ou % du site	Distance et direction du vent par rapport à la source	
Écoles primaires	Nombre	3	4 km – NO 4,4 km - NO 4,9 km – NO	
Écoles secondaires	Nombre	0		
Terrains de jeu, maisons de vacances	Nombre	0		
Terrains de sport, scouts, bois...	Nombre	10	4,2 km – NE 4,3 km – NE 4,5 km – NE 4,6 km - NE 4,7 km - NE 2 à 5 km - NE 3,7 km - E 500 m - S 3 km - S	
Hôpitaux	Nombre	0		
Maisons de repos/résidences-services	Nombre	2	4,6 km - NE 4,7 km - NE	
Zone d'habitation	% du domaine d'étude	2 %	900 m - S	Doel
Activité agricole	% du domaine d'étude	25 %	100 m - O	Zone de polders
Zone de captage d'eau : eaux superficielles + eaux souterraines	% du domaine d'étude	17 %	800 m - E	Escaut
Zone verte/nature	% du domaine d'étude	19 %	600 m - E	Paardenschor, Schor Ouden Doel, Galgenschoor
Zone industrielle	% du domaine d'étude	36 %	1,5 km - S	
Autres : zone de loisirs, autoroutes, zone d'utilité publique et communautaire	% du domaine d'étude	0,4 %		

La CND est bordée par des zones de polders.

Dans un rayon de 5 km autour de la zone du projet, la densité de population est assez faible. Ce périmètre comprend une partie importante du port d'Anvers, l'Escaut et les polders peu peuplés. Le nombre de personnes à proximité de la centrale (dans un rayon de 2 000 m autour de l'établissement) est très limité. 150 personnes au maximum vivent à une distance aussi courte de la centrale.

Tableau 2-60 Nombre d'habitants dans un rayon de 2 et 5 km autour de la centrale nucléaire de Doel (source : Statbel)

	Population des secteurs statistiques dans un rayon de 2 km autour de la CND	Population des secteurs statistiques dans un rayon de 5 km autour de la CND
2014	146	10 445
2015	141	10 486
2016	136	10 521
2017	121	10 557
2018	110	10 680
2019	110	10 685

Une vingtaine d'habitants vivent au centre du village de polder de Doel, à environ 900 m au sud de la CND. La population du village de Doel diminue depuis de nombreuses années en raison des développements portuaires et de l'insécurité du logement.

Le RUP régional « Afbakening Zeehavengebied Antwerpen », arrêté en avril 2013, prévoyait l'expropriation des hameaux de Ouden Doel et Rapenburg pour la construction du dock Saeftinghe et l'aménagement de compensations naturelles. Ce RUP a été partiellement invalidé par le Conseil d'État en décembre 2013, car les compensations naturelles devaient précéder la réalisation du développement portuaire. L'affectation du plan régional s'appliquait ainsi à nouveau à Doel (zone résidentielle). Un RUP adapté a été arrêté en octobre 2014 dans le cadre du développement portuaire sur la rive gauche, avant d'être invalidé en 2016. En mai 2017, le RUP d'avril 2013 couvrant la zone de la rive droite de l'Escaut a également été invalidé par le Conseil d'État.

Par la suite, en juillet 2016, une première décision a été prise de mener une étude stratégique sur la réalisation d'une capacité de manutention de conteneurs supplémentaire selon la procédure « Projets complexes ». Le 20 décembre 2019, le gouvernement flamand a arrêté une décision préférentielle de principe relative au projet complexe « Realisatie Extra containerbehandelingscapaciteit Havengebied Antwerpen » (CP ECA), visant à créer de l'espace supplémentaire à plusieurs endroits pour la capacité de manutention de conteneurs, mais sans exiger la suppression de Doel. Le gouvernement flamand met au point une perspective d'avenir pour Doel par l'intermédiaire d'un « groupe de travail Doel » rassemblant les parties concernées.

De plus, aucune zone résidentielle ne se situe à proximité immédiate de la CND. Il existe toutefois plusieurs blocs d'habitations et clusters résidentiels dispersés dans les polders, notamment dans les hameaux de Ouden Doel, Rapenburg, Saeftinghe et Prosperpolder. Une centaine de personnes vivent encore dans la zone d'habitation dispersée du Grote Doelpolder. Lillo se situe de l'autre côté de l'Escaut, à environ 2,5 km, et sa population résidentielle s'élève à 40 personnes environ. Dans un rayon de 5 km, la majorité des habitants habitent à Zandvliet (environ 3 500 personnes) et Berendrecht (environ 6 000 personnes).

Pour finir, on mentionnera le centre portuaire de Lillo (Scheldelaan 444 – Haven 621, Lillo). Celui-ci se trouve dans la zone portuaire, à hauteur de Fort Lillo (à 2,5 km au sud-est de la CND). Des formations y sont organisées et de grands groupes de personnes (écoles, etc.) peuvent y être présents pendant les heures de travail. L'Annexe A – Carte 23 montre l'utilisation du sol dans l'environnement plus large de la CND.

L'environnement plus large de la centrale nucléaire se caractérise par une forte industrialisation (zone portuaire). La CND se trouve dans la zone portuaire d'Anvers. Cette zone portuaire comprend des zones industrielles étendues des deux côtés de l'Escaut. Les entreprises industrielles de la zone portuaire d'Anvers emploient directement plus de 60 000 personnes, auxquelles il faut ajouter les nombreux sous-traitants qui y travaillent chaque jour. La présence de cette industrie entraîne une hausse sensible de la population au sein du domaine d'étude, tant de jour que de nuit, car une proportion importante des entreprises tournent en continu.

La zone portuaire d'Anvers se caractérise par la présence d'un cluster (pétro)chimique, d'une part, et de terminaux de conteneurs, d'autre part. Parmi les installations (pétro)chimiques à proximité du site, citons par exemple BASF, Ineos Manufacturing Belgium, Invoyn Manufacturing Belgium, Gunvor Petroleum Antwerpen et Bayer Agriculture. Sur la rive gauche, on trouve des entreprises telles que Borealis Kallo, Ineos Phenol Belgium et Ashland Specialities Belgium. Dans l'ensemble, il s'agit d'installations soumises à la directive Seveso relative à la prévention des risques d'accident majeur résultant de certaines activités industrielles.

Les entreprises Seveso les plus proches de la CND se situent à environ 1,5 km. Il s'agit des entreprises situées sur la Scheldelaan, sur la rive droite de la zone portuaire d'Anvers (dont Gunvor Petroleum Antwerpen, Ineos Manufacturing Belgium, Invoyn Manufacturing Belgium, Vesta Terminal Antwerp et Bayer Agriculture). Les entreprises Seveso qui se trouvent dans l'environnement plus large de la CND sont présentées à l'Annexe A – Carte 25.

2.7.3 Situation de départ

2.7.3.1 Nuisances sonores

Le bruit ambiant initial à hauteur des habitations les plus proches, situées dans une zone agricole, est estimé à 45,6 dB(A) (points d'immission IP-11, IP-12, IP-13 et IP14 dans la discipline Nuisances sonores). Cette valeur dépasse déjà (légèrement) la norme de qualité environnementale pour la soirée et la nuit (45 dB(A)).

Le bruit spécifique provenant des sources continues de la CND fluctue entre 32,8 et 41,4 dB(A) à hauteur de ces habitations. L'impact de la CND sur le bruit ambiant se chiffre donc ici entre 0,7 et 1,4 dB(A). La CND dispose, par ailleurs, de nombreux groupes de secours, que l'on peut qualifier de sources discontinues. Ces installations ne fonctionnent cependant qu'en journée, sauf en cas d'urgence réelle. Un impact pondéré dans le temps a donc été déterminé sur la base des heures de fonctionnement des installations de secours dans le cadre de la discipline Nuisances sonores. Le fonctionnement des sources discontinues produit un bruit spécifique pondéré dans le temps de 20,3 à 32,2 dB(A) à hauteur des habitations les plus proches. Cette valeur est donc largement inférieure au bruit spécifique des sources continues.

Le bruit spécifique total pondéré dans le temps se situe ainsi entre 38,5 et 41,8 dB(A) à hauteur des habitations. La norme de qualité environnementale pour la journée (50 dB(A)) n'est donc pas dépassée.

L'impact des sources continues et discontinues provoque une augmentation de 0,8 à 1,5 dB(A) par rapport au bruit ambiant initial. Cette différence est inaudible. Cela vaut a fortiori donc aussi pour les habitations plus éloignées (hameau de Ouden Doel (IP-13), quartier résidentiel de Lillo). L'impact de la CND sur les habitations les plus proches (avec une contribution spécifique de plus de 1 dB(A)) est considéré comme négativement limité, la norme de qualité environnementale étant déjà dépassée.

Pour les autres habitations et zones résidentielles plus éloignées, l'impact est négligeable.

2.7.3.2 Ombre du panache de vapeur

Le panache de vapeur blanc qui s'échappe des tours de refroidissement est visible de très loin. Cependant, plus la distance est grande, moins l'impact est important, car le panache de vapeur se mélange aux nuages et ne peut donc plus être distingué de ceux-ci.

Dans le cadre d'une étude³¹ réalisée à proximité de la centrale nucléaire française de Bugey en 1979-1980, les panaches ont été observés et des statistiques ont été collectées selon leur type, leur longueur et leur hauteur, ainsi que leur interaction avec les nuages bas, la brume ou le brouillard. Sur les 1 000 panaches étudiés, 72 % étaient tout à fait visibles, 13 % étaient peu visibles en raison de la présence de brume, de brouillard ou de nuages bas et 15 % se mélangeaient avec des nuages plus élevés.

Parmi les panaches tout à fait visibles, 63 % faisaient moins de 1 km de long et seulement 9 % faisaient plus de 5 km. La longueur moyenne des panaches était d'environ 1,6 km. Les constatations suivantes ont également été épinglées :

- les panaches visibles sont plus longs lorsque l'humidité relative est plus élevée et que la température ambiante est plus faible ;
- les panaches les plus longs se forment lorsque le ciel est criblé de nuages naturels et lorsque la vitesse du vent est faible à modérée ;
- les panaches les plus longs et les plus hauts se forment dans le début de soirée. Leur longueur et leur hauteur diminuent ensuite, pour atteindre leur plus petite taille vers la fin de l'après-midi. Les panaches les plus grands sont, en outre, observés en hiver et au printemps.

Sur le site de Bugey, les modifications du microclimat résultant des panaches de vapeur ont également été étudiées, à savoir les variations de température, l'humidité, le nombre d'heures d'ensoleillement et les précipitations. Un site de mesure de référence (en dehors de la zone d'influence des panaches) et deux sites de mesures (à l'intérieur de la zone d'influence) ont été aménagés à proximité de la centrale. Des données ont été rassemblées de janvier 1978 à décembre 1983. Les conclusions sont les suivantes :

³¹ Impact de la réfrigération atmosphérique, P. Méry, Aménagement en Nature n° 94

- la diminution du nombre d'heures d'ensoleillement se situe entre 2 et 5 %, ce qui correspond à une diminution de 40 à 100 heures d'ensoleillement par an³², à des distances allant de 1,5 à 3 km de la centrale. Ces valeurs s'avèrent être bien inférieures à la variation naturelle du nombre d'heures d'ensoleillement d'une année à l'autre ;
- la réduction globale de la luminosité se situe entre 4 et 6 % ;
- aucune différence significative n'est constatée, ni de jour ni de nuit, en matière d'humidité, de température ou de précipitations entre la station de référence et les deux stations cibles.

On remarque que la plupart des habitations se situent à plus de 3 km de la centrale nucléaire. La diminution du nombre d'heures d'ensoleillement est donc négligeable.

La centrale de Doel se trouve à 1,3 km au sud des tours de refroidissement. Cela signifie que le panache est davantage susceptible de provoquer de l'ombre lorsque le vent souffle en direction du nord (de NNO à NNE). Cette direction du vent ne se produit que 12 % du temps environ en Belgique. La direction du vent dominante en Belgique est SO (32 % SSO, SO et OSO). Il s'agit de la direction de l'Escaut et du port, où il n'y a pas d'habitations.

Compte tenu de ce qui précède, la diminution de la durée d'ensoleillement résultant des panaches de vapeur des tours de refroidissement est jugée négativement limitée à négligeable.

2.7.3.3 Risque d'infection par les légionelles

Les tours de refroidissement suivantes sont présentes sur le site de la CND :

- les deux tours de refroidissement à recirculation ouvertes (CW) de Doel 3 et Doel 4 ;
- les diverses tours de refroidissement auxiliaires de D3/D4 et de la WAB ;
- les tours de refroidissement de D1/D2

Le décret relatif à la maladie du légionnaire (arrêté du gouvernement flamand du 09/02/2007) s'applique à la CND en raison de la présence de tours de refroidissement ouvertes. Ce décret fixe des mesures contre la *Legionella pneumophila*, pour la prévention de la maladie du légionnaire.

Les légionelles sont très répandues dans l'eau. Elles se développent dans les biofilms à la surface des lacs, des rivières et des ruisseaux. De faibles quantités peuvent entraîner des concentrations très élevées en présence de facteurs de croissance (tuyaux en fer, joints en caoutchouc). Les conditions qui favorisent le développement des légionelles sont :

- l'eau stagnante ;
- une température d'eau située entre 20 °C et 50 °C, la température étant située entre 35 °C et 46 °C ;
- un taux d'acidité compris entre 5 et 8,5 ;
- des sédiments qui donnent lieu à la formation d'un biofilm ;
- la présence de micro-organismes (p. ex. algues, flavobactéries, pseudomonas et amibes).

La contamination à la légionelle se produit via les poumons. On suppose que l'infection est transmise par l'inhalation de la bactérie dans de très petites gouttelettes d'eau en suspension dans l'air (brume).

³² À titre de comparaison : en 2014, il y a eu 1 600 heures d'ensoleillement à Uccle, ce qui est une valeur normale.

Conformément au décret susmentionné, la CND doit établir un plan de gestion qui comprend une description de l'installation, une analyse de risque et des mesures préventives. Ce plan de gestion est évalué et rectifié au besoin en cas de modification de l'installation pouvant influencer le risque de développement de légionelles, et au moins tous les cinq ans.

Les tours de refroidissement à recirculation ouvertes de Doel 3 et Doel 4 et les tours de refroidissement auxiliaires de D3/D4 et de la WAB utilisent l'eau de l'Escaut. Vu qu'il s'agit d'une eau saumâtre, ces tours de refroidissement ne présentent aucun risque de contamination à la légionelle en raison de la forte teneur en sel.

Seules les tours de refroidissement auxiliaires de Doel 1/2 sont alimentées par l'eau de ville. Conformément au plan de gestion, ces tours de refroidissement auxiliaires sont échantillonnées et analysées au moins deux fois par an pour détecter la présence de légionelles. Si, exceptionnellement, la valeur limite du décret est dépassée, les mesures nécessaires sont mises en œuvre (nettoyage, augmentation de la quantité de biocide) et de nouveaux contrôles sont effectués.

Pour autant que l'on sache, aucune contamination à la légionelle n'est survenue à la suite de l'exploitation des tours de refroidissement de la CND.

On peut donc en conclure que, pour autant que le plan de gestion soit appliqué, le risque de contamination à la légionelle provenant des tours de refroidissement est négligeable.

2.7.3.4 Aspects psychosomatiques et perception du risque

Les troubles psychosomatiques sont liés à la perception du risque.

Pour autant que l'on sache, il n'existe pas de données concernant l'apparition de troubles psychosomatiques (que ce soit dans l'environnement immédiat ou en Belgique ou en Flandre au sens large) résultant de l'exploitation de la centrale nucléaire de Doel.

Il existe toutefois des données issues de sondages et d'enquêtes sur l'attitude (y compris la perception du risque) de la population belge en général vis-à-vis de l'énergie nucléaire, des technologies nucléaires et des centrales nucléaires en Belgique.

Perception du risque

Les données relatives à la perception du risque de la population vis-à-vis de la CND sont limitées. Le groupe de recherche PISA du SCK•CEN réalise périodiquement une enquête nationale (Baromètre SCK•CEN). Celle-ci ne porte pas uniquement sur la CND ; il s'agit d'un sondage général sur la perception du risque du secteur nucléaire (http://science.sckcen.be/en/Institutes/EHS/SPS/STS/Risk_perception/Barometer).

La perception du risque du site de Doel n'a pas été étudiée de manière spécifique.

Baromètre SCK•CEN

Depuis 2002, le SCK•CEN étudie la perception du public face aux risques de radiation et son attitude à l'égard de l'énergie nucléaire. Cette recherche s'inscrit dans le cadre du Programme pour l'intégration des aspects sociaux dans la recherche nucléaire (Programme for Integration of Social Aspects into nuclear

research - PISA) et se déroule principalement sous la bannière du « Baromètre SCK•CEN ». Il s'agit d'un vaste sondage auprès de la population (plus de 1000 personnes), qui est représentative des Belges adultes (18+) et répartie selon les provinces, les régions, le niveau d'urbanisation, le sexe, l'âge et la situation professionnelle. Le grand nombre de participants permet non seulement de suivre les tendances générales, mais aussi d'étudier plus en détail les processus sous-jacents liés aux aspects sociaux de la technologie nucléaire. Les données sont recueillies par le biais d'une « interview personnelle assistée par ordinateur » (Computer Assisted Personal Interviewing) : un sondage personnel est réalisé au domicile des participants et les réponses sont enregistrées sur un disque dur portable. Les entrevues sont menées par les professionnels d'un bureau d'études de marché. Les baromètres SCK•CEN comprennent des sujets récurrents, comme la perception des différents risques liés aux radiations, la confiance dans les acteurs du secteur nucléaire et les opinions sur l'utilisation de l'énergie nucléaire ; mais aussi des questions plus détaillées sur des sujets spécifiques. Pour la période avant 2015, les dernières données proviennent de 1002 interviews réalisées entre le 15 août et le 13 septembre 2013.

Attitude à l'égard de l'énergie nucléaire

À la question « Quel est votre avis sur l'énergie nucléaire ? », 38 % ont répondu n'être ni contre ni pour l'énergie nucléaire ; 32 % étaient contre ou totalement contre l'énergie nucléaire et 27 % étaient pour l'énergie nucléaire. Les principaux avantages cités sont la fiabilité de la disponibilité de l'énergie, la production élevée d'électricité et les faibles émissions de CO₂. Les principaux arguments allant à l'encontre de l'énergie nucléaire selon les sondés sont les déchets radioactifs, suivis par le risque d'accident majeur et la possibilité de remplacer le nucléaire par l'énergie renouvelable.

Douze domaines de risque ont été étudiés afin d'évaluer la perception des risques potentiels pour la santé. 53 % des personnes interrogées sont préoccupées par les risques liés à un accident nucléaire et 52 % par les risques liés aux déchets radioactifs. Les participants sont légèrement moins inquiets quant aux déchets chimiques ou aux accidents chimiques (respectivement 48 % et 47 %). Les rayons X médicaux et le rayonnement naturel, qui contribuent de manière significative à la dose annuelle reçue par le citoyen lambda, mais qui sont plus familiers, constituent une moindre source de préoccupation (20 %). 38 % des répondants estiment que les risques liés au changement climatique sont élevés ou très élevés.

Par ailleurs, 42 % se sentent bien protégés contre les risques des installations nucléaires, tandis que 30 % ne se sentent pas en sécurité. 52 % sont d'accord ou tout à fait d'accord avec l'affirmation selon laquelle les réacteurs nucléaires en Belgique sont exploités de manière sûre. 14 % ne sont pas d'accord ou pas du tout d'accord avec cette affirmation.

Compte tenu de la confiance relativement élevée dans la sûreté de l'exploitation des réacteurs nucléaires en Belgique, la perception d'un risque élevé d'accident de réacteur est quelque peu surprenante. Selon l'étude, cela peut s'expliquer par le fait que les gens sont également préoccupés par les accidents ou le traitement des déchets qui surviennent en dehors de nos frontières, mais qui peuvent avoir des implications pour la Belgique. L'accident de Fukushima aurait ainsi aidé la population à prendre conscience qu'un accident nucléaire peut avoir des conséquences étendues.

57 % des personnes interrogées estiment, en outre, que la Belgique doit continuer à exploiter ses centrales nucléaires existantes jusqu'à la fin de leur durée de vie, sans en construire de nouvelles par la suite.

En 2013, le niveau de sûreté perçue des installations nucléaires était supérieur au niveau enregistré en 2011, peu après l'accident de Fukushima. Les années qui ont suivi la catastrophe ont en effet vu naître un regain d'attention pour la sécurité des installations nucléaires, ce qui a donné lieu à des actions concrètes, comme des tests de résistance ou des contrôles d'intégrité de l'enveloppe du réacteur de Doel 3.

Perception de la compétence et de la fiabilité des acteurs du secteur nucléaire

Ce sujet est étudié dans le cadre du Baromètre SCK•CEN depuis 2011. Dans l'édition 2013, les personnes interrogées étaient invitées à indiquer quels acteurs du secteur nucléaire elles connaissaient. Des questions supplémentaires étaient posées sur les acteurs connus. Cette étude montre qu'Electrabel/GDF Suez (dénomination de l'époque) est connue de pratiquement tout le monde (96 %). Les personnes qui connaissent Electrabel/GDF Suez ont donné les réponses ci-dessous.

- Electrabel/GDF Suez dit-elle la vérité sur les risques et les avantages de la technologie nucléaire ?
 - D'accord ou tout à fait d'accord : 29 % en 2013
- Electrabel/GDF Suez est-elle techniquement compétente dans le domaine nucléaire ?
 - D'accord ou tout à fait d'accord : 62 % en 2013 (contre 57 % en 2011)

2.7.3.5 Sécurité et accidents non nucléaires

La centrale nucléaire de Doel est un établissement « Seveso seuil bas ». Cela signifie que des substances dangereuses y sont présentes dans des quantités supérieures aux valeurs du seuil bas, mais inférieures aux valeurs du seuil haut. On entend par « présence » la présence effective ou prévue dans des installations de stockage, dans des installations de traitement, des conduites, etc. (sous forme de matière première, de produit intermédiaire, de catalyseur, de solvant, de produit fini, etc.), ainsi que la présence qui peut survenir lorsqu'un processus chimique industriel ne se déroule pas comme prévu. L'évaluation Seveso montre que la centrale nucléaire de Doel est un établissement « seuil bas » en raison du volume de gasoil stocké.

Dans le cadre de l'accord de coopération, les établissements « seuil bas » sont tenus de :

- soumettre une notification ;
- élaborer une politique de prévention ;
- instaurer un système de gestion de la sécurité pour mettre en œuvre cette politique.

Il n'est donc pas obligatoire de rédiger un rapport de sécurité dans le cadre d'un accord de collaboration (SWA-VR – samenwerkingsakkoord-veiligheidsrapport) ou un rapport de sécurité environnementale (OVR – omgevingsveiligheidsrapport) lors de la demande d'un permis d'environnement.

Dans le cadre de l'EIE en vue du renouvellement de l'autorisation, une évaluation des risques externes pour l'homme et l'environnement liés aux substances Seveso présentes a été réalisée en 2010 (Tractebel Engineering, 9/07/2010). Les principales conclusions sont résumées ci-dessous.

Les installations suivantes contiennent des substances dangereuses (c'est-à-dire des substances Seveso) :

- installations au gasoil : réservoirs de stockage des installations de sécurité et de secours des unités de production de Doel 1, 2, 3 et 4, de l'installation de chauffage de l'entrepôt, des générateurs de vapeur auxiliaires et du garage ;
- installations à l'hydrogène : circuit de refroidissement à hydrogène des alternateurs des unités de production de Doel 1, 2, 3 et 4 ;

- installations à l'hydrazine (4,9 %) : réservoirs de stockage des unités de production Doel 1, 2, 3 et 4 ;
- installations utilisant une solution aqueuse de chromate de potassium³³ comme agent de conditionnement dans le circuit de refroidissement fermé : réservoirs tampons des unités de production Doel 1/2, 3 et 4 et de l'unité de traitement des eaux WAB ;
- entrepôts : stockage de conditionnements unitaires de produits divers.

Risques externes pour l'homme

Les risques externes pour l'homme d'un accident majeur ont été estimés de manière quantitative au moyen d'une analyse quantitative des risques (QRA). Seuls les produits ayant des propriétés (toxiques, inflammables, explosives) qui peuvent avoir une influence sur le risque externe pour l'homme ont été inclus dans cette analyse. Les solutions de chromate de potassium ne sont donc pas abordées dans ce paragraphe, car elles sont uniquement dangereuses pour l'environnement.

Les distances d'effet maximales (distance la plus grande à 1 % de létalité) ont été calculées pour :

- le rayonnement thermique ;
- les effets de surpression ;
- les vapeurs toxiques ;

Les distances d'effet maximales ci-dessous ont été calculées.

³³ En 2010, les réservoirs tampons pouvaient contenir des concentrations allant jusqu'à 16,8 % de chromate de potassium. L'utilisation du chromate de potassium est cependant interdite depuis le 21/09/2017 par le règlement REACH (sauf autorisation ou exception). Les installations ne sont donc plus remplies avec ces concentrations et les concentrations restent inférieures à 1 % (les solutions inférieures à 1 % ne sont pas couvertes par les règles).

Tableau 2-61 Distances d'effet maximales par système de confinement

Système de confinement	Scénario	Événement	Effet	Distance d'effet maximale
Installations au gasoil	Inflammation	Incendie dans l'encuvement des générateurs de vapeur auxiliaires (1 200 m ³)	Rayonnement thermique	30 m à partir du centre du réservoir
Installations à l'hydrogène	Rupture du flexible de (dé)chargement + inflammation retardée	Explosion	Surpression	84 m
	Rupture du flexible de (dé)chargement + inflammation immédiate	Feu de torche	Rayonnement thermique	27 m
Installations à l'hydrazine	Rupture du tuyau de décharge du camion-citerne	Dégagement de vapeurs toxiques	Effets toxiques	L'évaporation de la flaque est minimale ; la concentration avec 1 % de létalité n'est atteinte à aucun endroit.
Conditionnements unitaires dans l'entrepôt	Inflammation	Incendie	Rayonnement thermique	Quelques dizaines de mètres

Ces distances d'effet ne s'étendent pas au-delà des limites du site. Le risque externe pour l'homme (risque pour les personnes présentes en dehors de l'établissement) est donc négligeable.

Risques pour l'environnement

Contrairement au risque externe pour l'homme, le risque pour l'environnement n'est ni calculé ni testé par rapport à des critères de risque. L'analyse du risque pour l'environnement est essentiellement une analyse qualitative de cause à effet comprenant une énumération des mesures de prévention, de protection et d'atténuation.

Pour l'identification des parties de l'installation, on a examiné les endroits où des substances dangereuses pour l'environnement³⁴ sont présentes dans l'entreprise, dans quelles quantités et, le cas échéant, dans quels conditionnements unitaires elles sont stockées.

³⁴ Il s'agit de substances ayant une ou plusieurs des propriétés suivantes : toxiques, dangereuses pour le milieu aquatique, corrosives, substances présentant une consommation biochimique d'oxygène importante (CBO > 0,1 kg O₂/kg), substances pouvant former une couche flottante (substances plus légères que l'eau et ayant une solubilité dans l'eau inférieure à 100 mg/l). L'eau d'extinction doit également être prise en considération.

L'analyse a révélé que seuls les produits hydrazine et gasoil peuvent être libérés en quantités supérieures à la valeur limite.

Une analyse qualitative du risque pour l'environnement a été réalisée selon le modèle du « nœud papillon » (Bow Tie) pour les installations contenant ces substances.

Le modèle a été établi pour :

- installations à l'hydrazine de Doel 3 ;
- installations à l'hydrazine de Doel 4 ;
- installations à l'hydrazine de Doel 1/2 ;
- installations au gasoil de Doel 3 ;
- installations au gasoil de Doel 4 ;
- installations au gasoil de Doel 1/2.

Ces rapports sont contrôlés périodiquement lors des inspections Seveso.

Un bref résumé des analyses effectuées est présenté ci-dessous. Étant donné que les installations sont assez similaires pour les différentes unités, il s'agit d'une synthèse globale des analyses.

Tableau 2-62 Nœud papillon pour le gasoil – section stockage

Installatie : Gasolie Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van gasolie door breuk of lek aan de opslagtank			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling opslagtank door lossen vrachtwagen	1.1 Controle op voldoende vrije ruimte in de opslagtank door niveaumeting 1.2 Overvulbeveiliging 1.3 Noodstop op de vrachtwagen + permanent toezicht (chauffeur + afgevaardigde KCD)	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Regelmatige controlerondes 1.2 Alarmering laag peil 2.1 Inkuiping 2.2 Gecontroleerde verwijdering van water (en/ of andere vloeistoffen) in de inkuiping 2.3 Periodieke controle van grondwater 2.4 Grondwater- en bodemsanering
2. Blootstelling aan corrosieve condities	2.1 Coating 2.2 Opslagtanks opgesteld in gesloten lokaal (uitz. tank van hulpstoomketels) 2.3 Periodieke inspectie van de opslagtanks		

Tableau 2-63 Nøud papillon pour le gasoil – section (dé)chargement

Installatie : Gasolie Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijstelling van gasolie door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden	permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompings
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure: lospistool sluiten aan het einde van de lossing	2. Verspreiding van lekvloeistof naar riolering	2.1 Absorptiemateriaal
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage, ...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	2.2 Opvangrecipiënt onder vrachtwagen – of vloeistofdichte losplaats 3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor

Tableau 2-64 Nœud papillon pour l'hydrazine – section stockage

Installatie : Hydrazine			
Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door lek of breuk aan hydrazine tanks			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling van hydrazine tank	1.1 Niveauregelkring stopt vulling automatisch 1.2 Overloop naar een gesloten put	1. Vorming vloeistofplas in lokaal 2. Bodemverontreiniging	1.1 Interventiemateriaal absorptieworsten 2.1 Inkuiping lokaal
2. Corrosie	2.1 Tank staat intern gebouw opgesteld 2.2 Materiaal van de omhulling is corrosiebestendig; nl. Inox		

Tableau 2-65 Nœud papillon pour l'hydrazine – section (dé)chargement

Installatie : Hydrazine Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer 1.2 Wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2 . Bodemverontreiniging	1.1 Permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpomp 2.1 Vloeistofdichte vloer met afgesloten opvangbak afgeleid naar riolering 2.2 Interventiemateriaal absorptieworsten
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure leegmaken flexibel op het einde van de lossing	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage,...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier		

Les mesures mises en œuvre pour éviter les libérations d'hydrazine et de gasoil et pour limiter les dommages consécutifs à l'environnement montrent que le risque résiduel pour l'environnement est négligeable.

2.7.4 Évaluation des incidences

2.7.4.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2019

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. paragraphes 1.6.2 et 1.7.1).

Au cours de cette période, il n'y a eu aucune modification ayant un impact significatif sur les facteurs de stress environnementaux pertinents pour la santé, à l'exception de l'installation de générateurs diesel supplémentaires dans le bâtiment GUM (période 2015-2017).

Tout comme pour la situation de départ, un impact pondéré dans le temps a été déterminé sur la base des heures de fonctionnement des installations de secours dans le cadre de la discipline Nuisances sonores. Le fonctionnement des sources discontinues produit un bruit spécifique pondéré dans le temps de 21,2 à 32,2 dB(A) à hauteur des habitations les plus proches (une valeur encore bien inférieure au bruit spécifique des sources continues).

Le bruit spécifique total pondéré dans le temps se situe ainsi entre 38,5 et 41,8 dB(A) à hauteur des habitations. La différence par rapport à la situation 2013-2014 est de maximum 0,1 dB(A), ce qui est tout à fait négligeable. La norme de qualité environnementale pour la journée (50 dB(A)) n'est pas dépassée.

Il n'y a eu aucune modification dans le fonctionnement des sources continues par rapport à la situation de départ.

L'impact des sources continues et discontinues provoque une augmentation de 0,8 à 1,5 dB(A) par rapport au bruit ambiant initial. Cette différence est inaudible. Cela vaut a fortiori donc aussi pour les habitations plus éloignées (hameau de Ouden Doel (IP-13), quartier résidentiel de Lillo). L'impact de la CND sur les habitations les plus proches (avec une contribution spécifique de plus de 1 dB(A)) est considéré comme négativement limité, la norme de qualité environnementale étant déjà dépassée.

Pour les autres habitations et zones résidentielles plus éloignées, l'impact est négligeable.

L'impact de l'exploitation ou de la non-exploitation des centrales Doel 1 et 2 sur le risque global perçu de la CND est considéré comme négligeable.

Les travaux réalisés dans le cadre de la construction des bâtiments CFVS et du bâtiment des pompes FE (terrassement, fondations, acheminement de matériaux, etc.) donnent également lieu à des émissions sonores. En combinaison avec les sources continues et discontinues pondérées dans le temps, la contribution spécifique de la CND à hauteur des habitations les plus proches est de 39 à 42,3 dB(A). La norme de qualité environnementale pour la journée n'est donc pas dépassée. Le niveau sonore augmente de 0,9 à 1,7 dB(A) par rapport au bruit ambiant initial. Les travaux proprement dits n'entraînent aucune

augmentation significative à hauteur des habitations par rapport au bruit ambiant initial (maximum 0,2 dB(A)).

Aucune autre incidence sur la santé nécessitant une évaluation plus approfondie n'a été identifiée.

2.7.4.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2020-2025)

2.7.4.2.1 Nuisances sonores

Il n'y a aucune modification dans le fonctionnement des sources continues par rapport à la situation de départ. La situation relative aux sources discontinues pour la période 2020-2025 est conforme à la situation 2015-2019 (cf. paragraphe 2.7.4.1).

2.7.4.2.2 Ombre du panache de vapeur

Aucune modification dans l'exploitation des tours de refroidissement ouvertes de Doel 3 et 4 n'est prévue dans la situation LTO par rapport à la situation de départ (cf. paragraphe 2.7.3.3).

2.7.4.2.3 Risque d'infection par les légionelles

Aucune modification dans l'exploitation des tours de refroidissement ouvertes de Doel 3 et 4 n'aura lieu à la suite du projet LTO par rapport à la situation de départ.

Il est donc fait référence au paragraphe 2.7.3.3.

2.7.4.2.4 Aspects psychosomatiques et perception du risque Baromètre SCK•CEN

Les données ci-dessous sont disponibles pour la période allant de 2015 à aujourd'hui.

- Baromètre 2015 : 1 028 interviews entre le 11/09/2015 et le 13/10/2015
- Baromètre 2018 : 1 083 interviews entre le 27/11/201 et le 26/02/2018

Attitude à l'égard de l'énergie nucléaire

L'attitude à l'égard de l'énergie nucléaire s'est accentuée et polarisée ces dernières années par rapport à 2013 : en 2018, 26 % n'étaient ni pour ni contre (contre 35 % en 2015 et 38 % en 2013), 35 % étaient contre ou totalement contre (contre 26 % en 2015 et 32 % en 2013) et 37 % étaient pour ou totalement pour (également 37 % en 2015 et 27 % en 2013).

Plusieurs domaines de risque ont à nouveau été étudiés en 2015 et 2018 afin d'évaluer la perception des risques potentiels pour la santé. Le pourcentage de répondants ayant une perception élevée ou très élevée des risques liés aux accidents nucléaires ou chimiques et aux déchets en 2018 est comparable à celui de 2013 et légèrement inférieur à celui de 2015. Les rayons X médicaux et le rayonnement naturel sont toujours perçus comme moins risqués.

En comparaison avec 2013, la population se sent un peu moins bien protégée contre les risques liés aux installations nucléaires : 40 % se sentaient bien protégés en 2015 et 35 % en 2018 contre 42 % en 2013 ; tandis que 35 % en 2015 et 45 % en 2018 ne se sentaient pas en sécurité (contre 30 % en 2013).

Le pourcentage de répondants qui s'accordent à dire que les réacteurs nucléaires en Belgique sont exploités de manière sûre est comparable en 2018 et en 2015, mais a légèrement diminué par rapport à 2013 (cf. Figure 2-62).

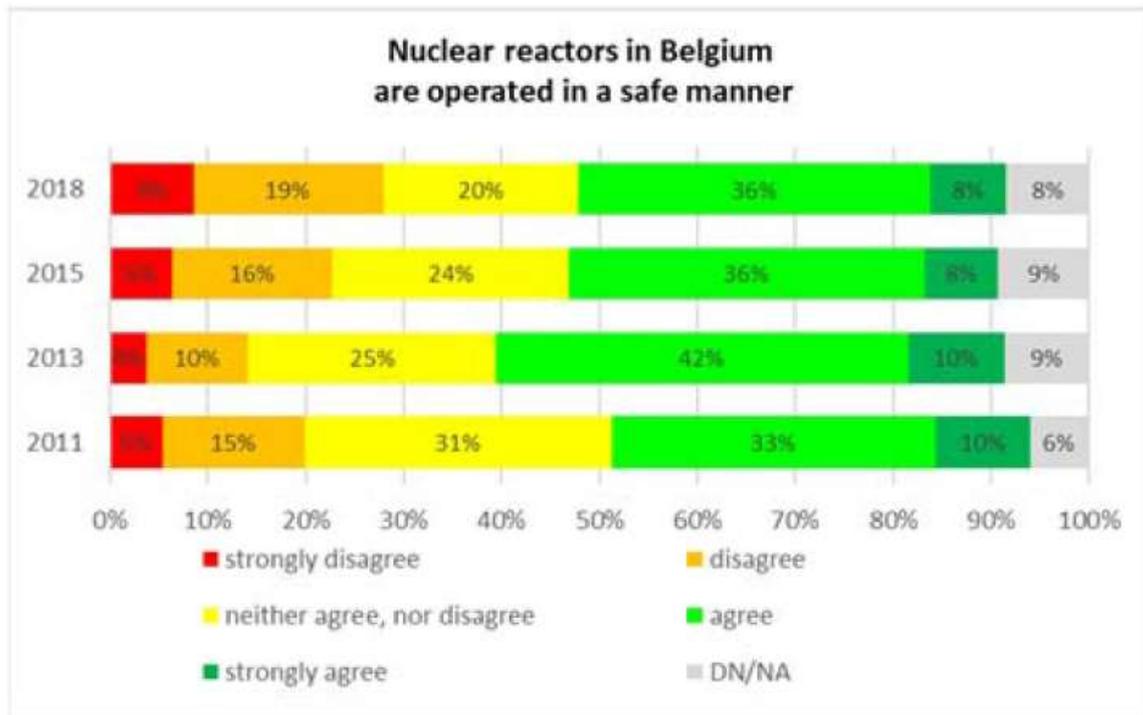


Figure 2-62 Perception de la sûreté des réacteurs nucléaires en Belgique pour la période 2011-2018 (N>1000, échantillon pondéré en 2015 et 2018)

Les personnes qui connaissent ENGIE Electrabel³⁵ ont donné les réponses ci-dessous.

- ENGIE Electrabel dit-elle la vérité sur les risques et les avantages de la technologie nucléaire ?
 - D'accord ou tout à fait d'accord : 18 % en 2018, 21 % en 2015 (contre 20 % en 2013 et 14 % en 2011)
- ENGIE Electrabel est-elle techniquement compétente dans le domaine nucléaire ?
 - D'accord ou tout à fait d'accord : 49 % en 2018, 58 % en 2015 (contre 62 % en 2013 et 59 % en 2011)

Aucune tendance nette ne se dessine en ce qui concerne la confiance dans ENGIE Electrabel.

Bien que très significatifs, les résultats du Baromètre ne permettent pas de dire si les personnes interrogées sont préoccupées par un accident nucléaire au point qu'ils (riverains ou personnes vivant plus loin d'une centrale nucléaire) puissent développer des troubles psychosomatiques (p. ex. insomnie, maux de tête, problèmes de dos).

³⁵ « Electrabel/GDF Suez » dans le sondage de 2015

En cas d'accident nucléaire, on peut toutefois s'attendre à des incidences sur la santé physique et mentale. La gravité de ces incidences sur la santé dépendra bien sûr de la gravité de l'accident nucléaire.

Dans le même temps, la perception du risque (qu'il entraîne ou non des incidences sur la santé) est influencée par la connaissance de ces risques.

Les sondages réalisés dans le cadre du Baromètre SCK•CEN montrent que les connaissances des personnes interrogées sur le rayonnement ionisant sont relativement limitées. Plus d'un répondant sur quatre n'a aucune connaissance de la radioactivité naturelle du corps humain, de la décroissance radioactive ou de la différence entre rayonnement et contamination. Les connaissances générales sur le secteur nucléaire sont légèrement supérieures aux connaissances spécifiques sur le rayonnement radioactif. Deux répondants sur trois savent que des déchets radioactifs ne sont pas seulement produits par les centrales nucléaires et 80 % savent que les déchets radioactifs sont traités séparément des déchets chimiques.

Communication

ENGIE Electrabel et le site de la CND informent le public via différents canaux. ENGIE Electrabel est ainsi représentée au sein Forum nucléaire belge. Ce Forum rassemble la plupart des entreprises et des institutions actives dans les différentes applications de la technologie nucléaire. Le Forum nucléaire belge informe par le biais de son site internet (www.forumnucleaire.be) et de diverses actions, allant de l'organisation de conférences et de visites techniques à la publication de brochures et de documents d'information générale sur l'énergie et la technologie nucléaires.

La CND mène également sa propre politique en matière de communication interne et externe. Celle-ci concerne notamment toute demande d'information, l'étude et le suivi des plaintes, mais aussi l'information active des groupes cibles intéressés, y compris bien sûr les riverains. C'est dans cette optique que l'Infocenter de Doel a vu le jour (1997) en guise de centre de visiteurs et d'information. En raison des règles d'accès et de la législation toujours plus strictes, ces visites ne sont désormais plus possibles. Les photographies et le matériel visuel peuvent toujours être consultés dans la bibliothèque média (<https://nuclear.engie-electrabel.be/fr/pers-media>). La CND distribue, en outre, le magazine d'information trimestriel « Doelbewust » aux riverains dans un rayon de 15 km autour du site. Ce magazine fournit des informations sur l'énergie nucléaire et sa production, sur des sujets liés à l'énergie (utilisation rationnelle de l'énergie), mais aussi sur les efforts de la CND en matière de sécurité et d'environnement. Dans le cadre de son enregistrement EMAS (depuis 2002), la CND publie aussi chaque année une déclaration environnementale certifiée sur ses performances environnementales.

La CND a mis en place une procédure selon laquelle chaque question entrante, par quelque canal que ce soit, reçoit une réponse. Cette procédure repose sur des « fiches de communication environnementale ».

La CND contribue également à différents projets sur la nature (projet sur les faucons pèlerins) et sur l'expérience de la nature (Doel Ecofietsroute).

Pour finir, la CND organise différentes formes de concertation avec les groupes intéressés. D'une part, il y a le comité de réflexion, au sein duquel des représentants des différentes communes avoisinant la centrale se réunissent avec la direction de la CND pour promouvoir l'entente entre la centrale et son

environnement. Les rapports de ce comité sont publics. D'autre part, il y a la consultation environnementale, dans le cadre de laquelle la CND se réunit avec des représentants de diverses organisations environnementales et de protection de la nature, ainsi que des autorités locales et régionales.

Conclusion

Bien qu'une proportion importante de la population soit préoccupée par un accident nucléaire, aucune donnée n'indique que cette perception élevée du risque peut également entraîner des incidences psychosomatiques. Il est cependant très probable que des incidences sur la santé mentale surviennent en cas d'accident nucléaire.

L'impact de l'exploitation ou de la non-exploitation des centrales Doel 1 et 2 sur le risque global perçu de la CND (cf. paragraphe 2.7.4.4.3) est considéré comme négligeable.

2.7.4.2.5 Sécurité et accidents non nucléaires

La situation LTO ne présente pas de différence notable par rapport à la situation de départ. Plusieurs générateurs diesel supplémentaires ont été installés depuis 2013/2014, mais vu que les volumes de gasoil stockés à proximité ces générateurs sont bien inférieurs à ceux des générateurs de vapeur auxiliaires (1 200 m³), l'incendie de la cuve de ce dernier réservoir de stockage reste un scénario « enveloppe ».

Par conséquent, le risque externe pour l'homme sera toujours négligeable.

Il n'y a pas d'autres modifications ayant une influence sur le risque externe pour l'homme.

Étant donné que la nature et la méthode de stockage et de livraison des produits dangereux pour l'environnement restent les mêmes, les mêmes « nœuds papillon » relatifs à la gestion des risques pour l'environnement restent applicables. Ces modèles montrent que le risque résiduel pour l'environnement est négligeable.

Outre le rapport de sécurité, qui analyse les risques externes pour l'homme en cas d'accident impliquant des substances dangereuses, les incidences sur l'environnement et la santé (autres que le décès immédiat) liées à ces accidents peuvent être décrites de manière qualitative. Comme indiqué dans le rapport de sécurité, l'incendie, l'explosion et la libération d'hydrazine sont des scénarios d'accident possibles. En 2009, le RIVM a réalisé une étude³⁶ sur la propagation des substances en cas d'incendie.

Le rapport du RIVM, basé d'un grand nombre de mesures, part du principe qu'il n'est généralement pas question de risques pour l'homme et pour l'environnement à partir de 1 km de l'incendie. Parmi les exceptions, le rapport épingle les très grands incendies ou les incendies où les personnes et l'environnement sont exposés à des substances très dangereuses, comme un incendie dans un vaste entrepôt de matériaux en PVC ou de pesticides. Si la concentration de certains polluants augmente, celle-ci sera si faible qu'il n'y aura aucun risque pour la santé en cas d'exposition. Dans un rayon de 1 km autour de l'incendie, les concentrations dans l'atmosphère peuvent cependant être plus élevées et il conviendra d'étudier au cas par cas les substances susceptibles de constituer un risque, le niveau d'exposition à ces substances, ainsi que les incidences éventuelles sur la santé et l'environnement.

Le dépôt de particules de poussières provenant d'un incendie et la contamination de l'environnement et des cultures qui en découle ne sont généralement pas très élevés, a fortiori si l'élévation du panache est

³⁶ RIVM rapport 609022031/2009, 'Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie'. 2009.

importante. Dans ces cas, lorsqu'il est question d'une augmentation significative ou importante, la zone concernée par cette augmentation s'étend au maximum à quelques centaines de mètres de l'incendie. À partir d'environ un demi-kilomètre et au-delà, le dépôt est presque toujours nul et n'entraîne dans tous les cas aucune incidence nocive pour l'environnement ou aucune contamination significative de la chaîne alimentaire (cultures ou produits animaux dans la zone d'incidence). Les composants critiques dans ce contexte sont les dioxines, les HAP, certains métaux lourds et, parfois, des composants comme les dioxines bromées, les nitro-HAP et les HAP soufrés qui sont formés à partir de matériaux spécifiques.

Sur la base de la littérature, on suppose que la plupart des animaux sont plus sensibles à l'exposition à l'hydrazine par inhalation. Toutefois, étant donné que la concentration létale (humaine) de 1 % n'est pas atteinte lors d'un accident potentiel et que l'hydrazine est instable dans l'atmosphère (durée de vie d'environ 1 heure dans une atmosphère pure), elle ne se propagera pas sur de grandes distances et aucune incidence pertinente sur la faune n'est à prévoir en dehors des limites du site.

De plus, les animaux sont généralement plus sensibles aux effets de surpression que les humains (les oiseaux étant plus sensibles que les mammifères, et les petits mammifères plus sensibles que les grands). La distance d'effet maximale pour la létalité (humaine) de 1 % n'était que de 84 m. Cette distance d'effet ne s'étend pas au-delà des limites du site de la CND. Étant donné que la surpression dans un environnement ouvert diminue de manière exponentielle avec la distance, l'incidence en dehors des limites du site diminuera donc elle aussi rapidement. Aucune incidence pertinente sur la faune n'est donc à prévoir.

Dans l'ensemble, le risque d'incidence environnementale ou sanitaire significative liée à des accidents non nucléaires est jugé très faible.

2.7.4.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

2.7.4.3.1 Nuisances sonores

Lors de la période de mise à l'arrêt définitif, les équipements liés à la sécurité, et donc aussi les groupes diesel, continueront d'être entretenus et testés de la même manière qu'auparavant (à moins que cela ne soit possible au cours des trois derniers mois). Pour l'analyse des éventuelles nuisances sonores, il est fait référence au paragraphe 2.7.4.2.1.

2.7.4.3.2 Ombre du panache de vapeur

Aucune modification dans l'exploitation des tours de refroidissement ouvertes de Doel 3 et 4 n'est prévue au cours de cette période par rapport à la situation de départ (cf. paragraphe 2.7.3.3).

2.7.4.3.3 Risque d'infection par les légionelles

Aucune modification dans l'exploitation des tours de refroidissement ouvertes de Doel 3 et Doel 4 n'est prévue au cours de cette période par rapport à la situation de départ.

Il est donc fait référence au paragraphe 2.7.3.3.

2.7.4.3.4 Aspects psychosomatiques et perception du risque

Lors de la mise à l'arrêt définitif, le risque nucléaire de Doel 1/2 diminue à mesure que la radioactivité présente dans les installations de Doel 1/2 diminue. Au cours de cette période, il n'y aura plus non plus de

production d'électricité. Cela peut avoir un impact sur la perception du risque de la CND dans son ensemble, mais cette incidence sera probablement faible.

Dans tous les cas, aucune différence d'incidence n'est attendue entre une MAD en 2015-2019 ou en 2025-2025.

2.7.4.3.5 Sécurité et accidents non nucléaires

Au début de la MAD, les circuits eau-vapeur et les réservoirs de mélange et d'injection de Doel 1/2 seront vidés afin d'éliminer tout résidu d'hydrazine. D'éventuelles vapeurs toxiques ne pourront donc plus être libérées. Le risque (négligeable) qui y est associé ne sera donc plus présent.

Les bouteilles d'hydrogène destinées au circuit de refroidissement de Doel 1/2 seront également vidées au début de la MAD. Le risque d'explosion associé ne sera donc plus présent.

Les réservoirs de diesel situés à proximité des générateurs de secours ne seront vidés qu'à la fin de la MAD ou au plus tôt lorsque le combustible sera totalement évacué des docks. Le risque d'incendie associé restera donc présent au cours de cette période.

On peut en conclure que le risque externe pour l'homme résultant d'accidents avec des substances dangereuses sera légèrement moins élevé (et toujours négligeable) pendant la MAD.

Il en va de même pour les risques pour l'environnement. Les risques pour l'environnement liés aux installations au gasoil de Doel 1/2 seront toujours présents, tandis que ceux liés aux installations à l'hydrazine de Doel 1/2 ne le seront plus.

2.7.4.4 Option zéro

2.7.4.4.1 Nuisances sonores

La discipline Nuisances sonores montre qu'il n'y aura aucune différence notable entre la situation LTO et la situation no-LTO en ce qui concerne la contribution sonore des sources continues de la CND à hauteur des habitations les plus proches. Lors de la période de mise à l'arrêt définitif (2015-2019), les équipements de sécurité sont testés de la même manière qu'auparavant. Les nouveaux groupes diesel qui ont été ajoutés n'ont pas été installés en fonction de la LTO. Pour l'analyse, il est donc fait référence au paragraphe 2.7.4.2.1.

Par la suite (2020-2025), les groupes de secours de Doel 1/2 ne devraient plus être plus testés. La puissance sonore totale de la CND ne diminuera ainsi que de 0,5 dB(A) par rapport à la situation avant 2020.

2.7.4.4.2 Ombre du panache de vapeur

Les tours de refroidissement qui émettent les panaches de vapeur sont les tours de refroidissement ouvertes de Doel 3 et 4. Aucune modification dans l'exploitation de ces tours de refroidissement n'aura lieu dans l'option zéro par rapport à la situation de départ.

2.7.4.4.3 Risque d'infection par les légionelles

Dans l'option zéro, Doel 1 et 2 n'auront plus besoin d'eau de refroidissement. Étant donné que les tours de refroidissement auxiliaires de Doel 1 et 2 sont les seules tours de refroidissement qui présentent un

risque de contamination à la légionelle pour l'environnement, on peut affirmer que le risque d'infection par les légionelles dans l'environnement³⁷ est inexistant dans ce scénario.

2.7.4.4.4 Aspects psychosomatiques et perception du risque

Dans l'option zéro, les centrales de Doel 1 et 2 seront mises à l'arrêt. Doel 3 et 4 seront cependant toujours exploitées. La perception du risque de la CND dans son ensemble (et des éventuelles incidences psychosomatiques) ne devrait pas changer par rapport à la situation LTO (incidence négligeable).

2.7.4.4.5 Sécurité et accidents non nucléaires

Lors de la période de la mise à l'arrêt définitif (2015-2019), plusieurs substances dangereuses seront éliminées, comme décrit au paragraphe 2.7.4.3.5 (aucune différence par rapport à une mise à l'arrêt en 2025).

Dans la période suivante (2020-2025), les réservoirs de diesel auront également été vidés. Le risque (négligeable) qui y est associé ne sera donc plus présent.

Les risques pour l'environnement liés aux installations au gasoil et à l'hydrazine de Doel 1/2 ne seront plus présents non plus.

On peut en conclure que le risque pour l'environnement et le risque externe pour l'homme résultant d'accidents avec des substances dangereuses dans l'option zéro seront légèrement moins importants que dans le scénario LTO ; et qu'ils seront négligeables dans les deux cas.

2.7.4.5 Incidences transfrontalières

Les incidences des nuisances sonores, de l'ombre du panache de vapeur et du risque d'infection par les légionelles sont négligeables, compte tenu de la distance par rapport à la CND.

Les habitants des Pays-Bas pourront cependant aussi s'inquiéter du risque d'accident nucléaire à la CND. Tout comme pour la Flandre ou la Belgique, aucune donnée spécifique n'est cependant disponible sur les incidences psychosomatiques résultant de cette perception du risque. La perception du risque de la CND dans son ensemble (et des éventuelles incidences psychosomatiques) ne devrait pas changer par rapport à la situation LTO (incidence négligeable).

2.7.5 Suivi

Compte tenu des incidences jugées négligeables, aucune proposition de suivi n'est formulée.

³⁷ Les sources de contamination pour les travailleurs, comme les humidificateurs et les installations d'eau chaude courante, ne sont pas prises en compte ici.

2.7.6 Mesures d'atténuation et recommandations

Compte tenu de l'absence d'incidences significatives, aucune mesure d'atténuation ou recommandation n'est formulée.

2.7.7 Lacunes de connaissances

Pour autant que l'on sache, il n'existe pas de données concernant l'apparition de troubles psychosomatiques (que ce soit dans l'environnement immédiat ou en Belgique ou en Flandre au sens large) résultant de l'exploitation de la centrale nucléaire de Doel.

Il existe toutefois des données issues de sondages et d'enquêtes sur l'attitude (y compris la perception du risque) de la population belge en général vis-à-vis de l'énergie nucléaire, des technologies nucléaires et des centrales nucléaires en Belgique. Bien que les incidences psychosomatiques soient liées à la perception du risque, on ne peut en déduire si les personnes qui perçoivent le risque d'un accident nucléaire comme élevé développent également des troubles psychosomatiques.

2.7.8 Conclusions

L'analyse ci-dessus montre que la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2, en ce compris les travaux de construction, l'exploitation des centrales et les activités pendant la mise à l'arrêt définitif, n'a aucune incidence pertinente sur la santé par rapport à l'option zéro.

2.8 Homme – Mobilité

Annexe A – Carte 1 : Localisation de la zone du projet sur la carte topographique

Annexe A – Carte 2 : Plan des rues

2.8.1 Méthodologie

2.8.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude pour la discipline Homme – Mobilité englobe l'infrastructure d'accès à proximité immédiate du projet et du R2.

La CND est essentiellement desservie par la Lindenhofstraat/Oostlangeweg. L'intersection déterminante pour l'accès au réseau routier supérieur est le croisement entre l'Oostlangeweg et la N451 (cf. Figure 2-63).

L'Oostlangeweg permettra d'accéder au Waaslandhaven (Kieldrechtsluis) et au R2 (direction Anvers, Bruges, Pays-Bas). La N451 permettra d'accéder à la centrale en direction des Pays-Bas (Hulst).

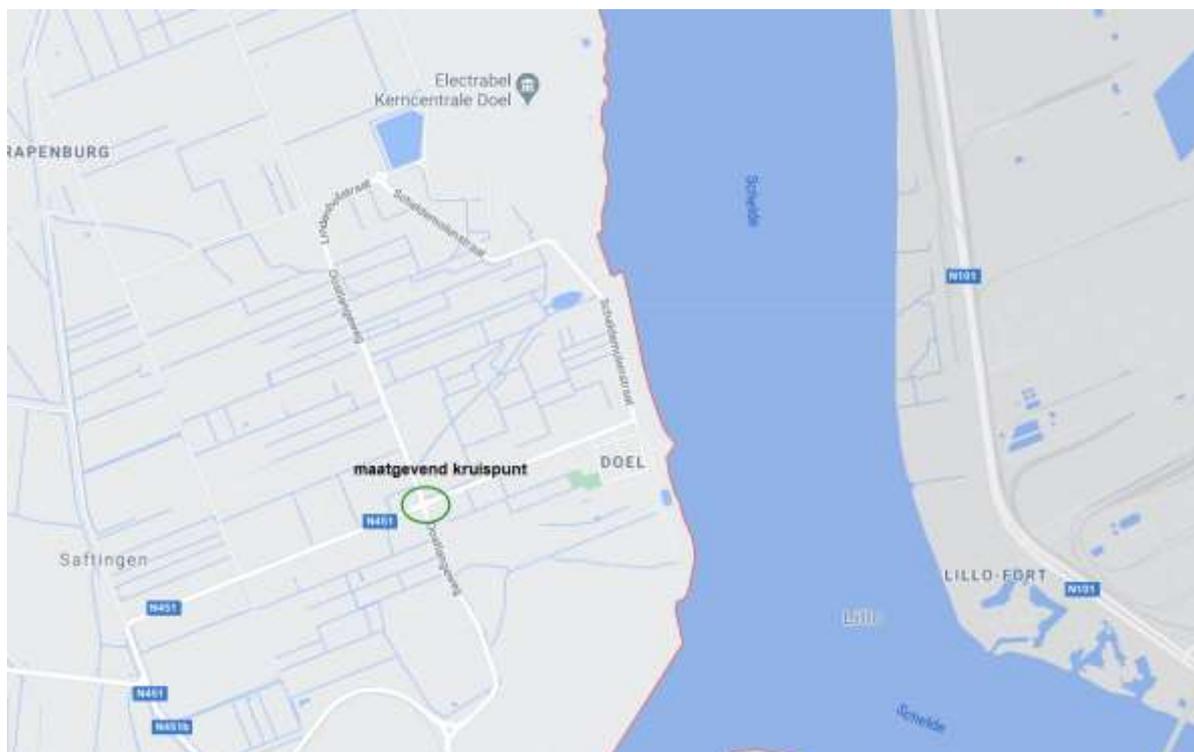


Figure 2-63 Localisation des voies d'accès au méso-niveau

Les accès au site se situent à hauteur de la Paardenschorstraat et de la Scheldemolenstraat (cf. Figure 2-64).



Figure 2-64 Localisation des accès

2.8.1.2 Description de la situation de départ

Le profil d'accessibilité dans la situation de départ comprend une description des réseaux pour les différents modes de trafic et de transport (trafic lent, transports en commun, trafic de fret, trafic automobile) en fonction de l'accessibilité de la zone du projet.

2.8.1.3 Description et évaluation des incidences

Les travaux réalisés à la CND en fonction des aménagements en vue de la LTO entraîneront un trafic de chantier pour le transport des travailleurs et des matériaux. Le flux de circulation de et vers la CND augmentera donc temporairement. Le flux de circulation durant la phase d'exploitation dans la situation future sera lui aussi cartographié afin de définir ses incidences sur l'écoulement du trafic. Il sera en outre examiné si des changements se produiront au niveau de l'écoulement du trafic pendant la mise à l'arrêt définitif et l'option zéro.

L'incidence pour la discipline Homme – Mobilité sera décrite comme suit pour :

- modification de l'écoulement du trafic : description quantitative sur la base d'une estimation de la génération de trafic et des rapports intensité/capacité (I/C) qui en résultent pour les tronçons de route et/ou les intersections.

L'évaluation des incidences est effectuée comme suit pour :

- la modification de l'écoulement du trafic : évaluation sur la base (de la modification) du rapport I/C dans la situation future selon le cadre d'évaluation ci-dessous (Tableau 2-66).

Tableau 2-66 Cadre de pertinence de la discipline Homme – Mobilité

Verzadigings- graad toekomstige situatie (incl. plan/project)	Evolutie t.o.v. verzadigingsgraad referentiesituatie (in procentpunt*)								
	Toename verzadigingsgraad				Verschil < 5 %-punt	Afname verzadigingsgraad			
	> 50 %-punt	20 à 50 %- punt	10 à 20 %- punt	5 à 10 %-punt		5 à 10 %- punt	10 à 20 %- punt	20 à 50 %- punt	> 50 %- punt
>100%	---	---	---	--	0	0	0	+	+
90-100%	---	---	--	-	0	0	+	++	++
80-90%	--	--	-	-	0	+	++	+++	+++
<80%	-	-	0	0	0	+	+++	+++	+++

Étant donné qu'aucun chiffre n'est disponible sur les quantités de trafic, l'évaluation se fera sur la base d'hypothèses et de jugements d'experts.

2.8.2 Situation de départ

2.8.2.1 Généralités

La CND est accessible par la voie publique et par voie d'eau grâce à sa situation en bordure d'Escaut. Pour cette dernière voie d'accès, la CND dispose d'un quai de roulage le long duquel des matériaux lourds peuvent être acheminés. Ce quai est utilisé de façon assez sporadique.

Le transport lié au fonctionnement quotidien de la centrale nucléaire s'effectue principalement par la route. Les mouvements de circulation sont principalement causés par les véhicules du personnel et des sous-traitants de et vers le site. Mentionnons aussi les transports liés à l'approvisionnement et à la maintenance des installations (substances chimiques, carburant, pièces de rechange, évacuation des déchets).

Le trafic (lourd) de et vers la centrale nucléaire passe par le Waaslandhaven, plus précisément autour du dock Deurganck, avec connexion au R2. Ces routes ne traversent pas de noyaux résidentiels. Il existe bien sûr un certain nombre d'autres itinéraires sur cette route principale, où le trafic passe par les polders, éventuellement via Kieldrecht et via la N451 directement vers la connexion avec la voie rapide N49 Anvers-Knokke. Depuis le R2, il y a une connexion vers l'A12, l'E34, la N70, l'E17 ou l'E19.

La CND possède un parking d'environ 1 500 places de stationnement pour les véhicules du personnel et des sous-traitants. En moyenne, 1 700 personnes sont présentes sur le site (en journée), ce qui représente environ 1 300 véhicules (voitures, camions, camionnettes...), supposément répartis comme suit : 900 voitures particulières, 300 camionnettes, 100 camions. Il s'agit d'une valeur moyenne ; le nombre augmente lors de travaux/révisions importants.

Le transport de personnes de et vers le site a lieu pendant les heures de pointe, tandis que les livraisons par camion sont réparties tout au long de la journée. Aux heures de pointe, le transport de personnes peut atteindre 600 UVP/h (unités de voitures particulières par heure), complétées par une densité de camions de 25 UVP/h (100 camions équivalent à 200 UVP, répartis sur 8 heures). Aux heures les plus chargées (entre 7 h et 9 h le matin et entre 16 h et 18 h le soir), cela donne 625 UVP/h (Project-MER, KCD Hernieuwing van de Vlarem-vergunning, Vincotte, 2010).

La présence de la CND sur le territoire de Beveren a naturellement une influence sur les flux de trafic et sur l'écoulement du trafic. La zone portuaire est bien desservie localement et relie directement le R2 à des artères importantes comme l'A12, l'E34, la N70, l'E17 ou l'E19. Il est cependant logique que la CND, comme toute autre entreprise, joue un rôle dans la saturation du réseau routier autour d'Anvers aux heures de pointe. Il n'y a pas de saturation du réseau routier local de et vers la CND. Il est cependant possible que la circulation soit dense aux heures de pointe du matin et du soir.

Dans la situation de départ, plusieurs sections du R2 (rive gauche) et les sections adjacentes de l'E34 et de l'A12 présentent un rapport I/C du trafic routier aux heures de pointe de 80 à 100 % (ce rapport est généralement inférieur à 80 %). Il n'y a pas d'embouteillages structurels aux heures de pointe. La saturation du R2 n'est pas non plus atteinte dans les différents scénarios étudiés pour le futur développement d'Anvers (Plan-MER Oosterweelverbinding, Antea, januari 2014).

2.8.2.2 Piétons

Réseau

Aucun réseau destiné aux piétons ou aux promeneurs n'est présent au sein du domaine d'étude. Il y a en revanche un sentier sur la Scheldedijk, qui assure la liaison entre la CND et le village de polder de Doel.

Infrastructure

Il n'y a pas de trottoir le long des routes environnantes.

2.8.2.3 Cyclistes

Réseau

La N451 Engelsesteenweg et l'Oostlangeweg sont reprises comme des routes cyclables fonctionnelles dans le réseau cyclable fonctionnel supralocal (Bovenlokaal Functioneel Fietsroutenewerk), qui fait une boucle dans le village de Doel (Figure 2-65).



Figure 2-65 Réseau cyclable fonctionnel supralocal (Bovenlokaal Functioneel Fietsrouten netwerk) (source : gisoost.be)

Au sein du réseau cyclable récréatif, la Scheldemolenstraat a été sélectionnée comme route cyclable récréative. Celle-ci relie le point-nœud 17 et le point-nœud 13 à travers Doel. L’Oostlangeweg a elle aussi été sélectionnée comme route cyclable récréative. Elle relie le point-nœud 14 au point-nœud 17. Le point-nœud 16 se trouve également dans les environs (Figure 2-66).

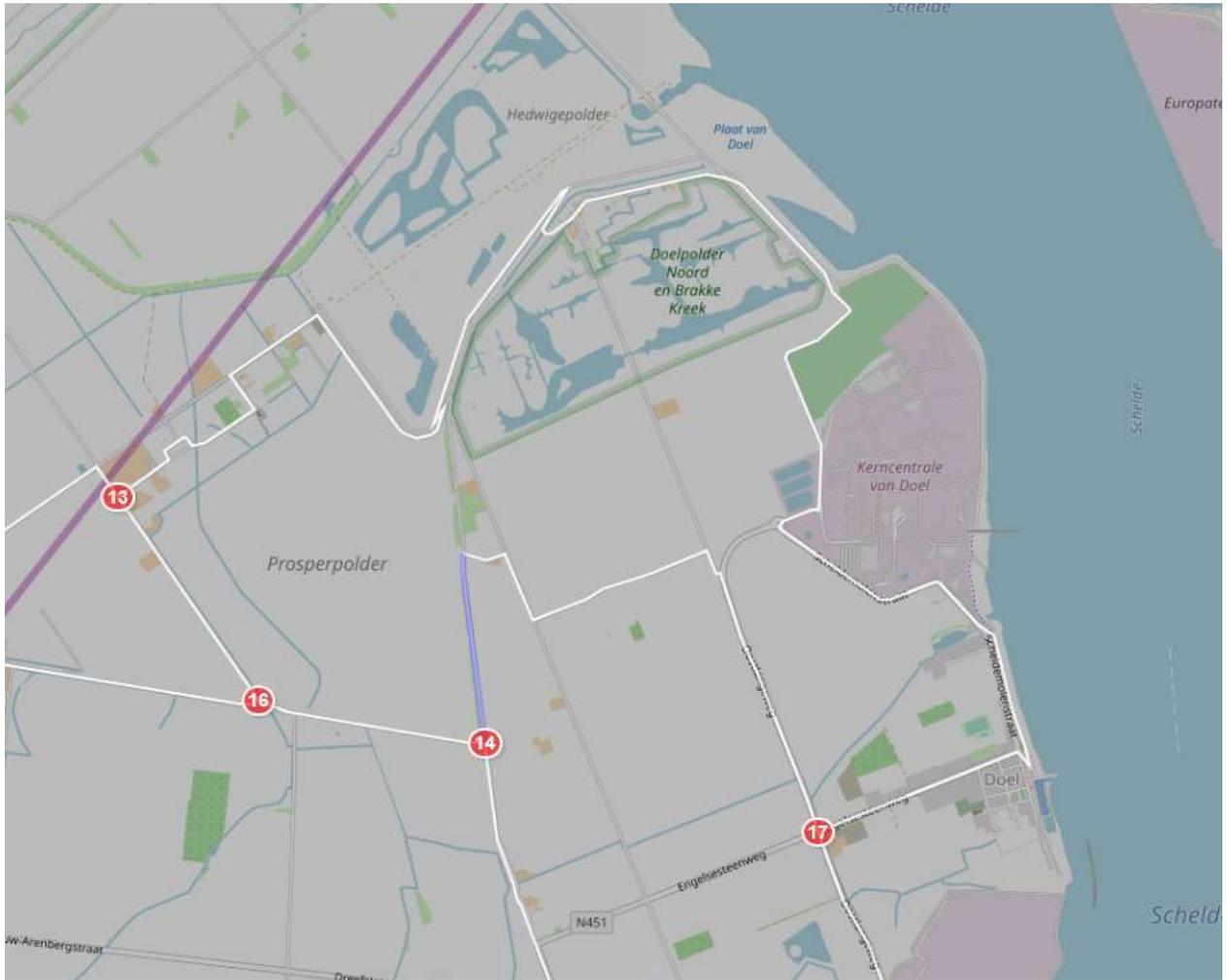


Figure 2-66 Réseau de points-nœuds cyclables (source : fietsnet.be)

Infrastructure

Il n'y a pas d'infrastructure cyclable le long de la Paardenschorstraat.



Il y a une piste cyclable bidirectionnelle à hauteur de la CND le long de la Scheldemolenstraat.

À hauteur de la voie d'accès à la centrale nucléaire, il y a une traversée cyclable au moyen d'un îlot central.

La partie de la Scheldemolenstraat parallèle à l'Escaut ne possède pas d'infrastructure cyclable.



Le long de la Lindenhofstraat, il y a deux pistes cyclables unidirectionnelles isolées bilatérales. Une route rurale doit être empruntée sur une portion limitée.

Au niveau du rond-point avec la Paardenschorstraat, une traversée cyclable est prévue en direction de la piste cyclable bidirectionnelle dans la Scheldemolenstraat.



Il y a également des pistes cyclables isolées de part et d'autre de l'Oostlangeweg.



Le long de la N451 Engelsesteenweg, à l'est de l'Oostlangeweg, il y a des pistes cyclables isolées de part et d'autre. Elles mènent à Doel et se prolongent en pistes cyclables unidirectionnelles.



Aucune infrastructure cyclable n'est prévue le long de la N451 Engelsesteenweg, à l'ouest de l'Oostlangeweg.



À l'intersection prioritaire entre la N451 et l'Oostlangeweg, les cyclistes sur l'Oostlangeweg auront la priorité sur la N451 Engelsesteenweg. Les cyclistes qui souhaitent traverser pour passer de la N451 à l'Engelssteenweg (ou inversement) doivent céder la priorité à la circulation de l'Oostlangeweg.



2.8.2.4 Transports en commun

Aucune ligne de bus ne s'arrête à la centrale de Doel. La ligne de transports en commun la plus proche est la ligne 31 : Sint-Niklaas - Kieldrecht - (Doel). Cette ligne s'arrête dans le centre de Doel 2 fois par jour.

Deux aires d'arrêt de bus se situent au niveau de l'accès à la Scheldemolenstraat. Ils sont desservis par un sentier pédestre séparé (avec passage pour piétons) en direction de la route d'accès. Il n'y a cependant plus d'arrêt De Lijn à cet endroit.



2.8.2.5 Trafic automobile

Réseau

La N451 Engelsesteenweg a été sélectionnée comme une route locale de type II (une voie de distribution locale). Il existe une connexion avec le réseau routier supérieur N49 via le complexe d'entrée et de sortie 10 (Figure 2-67).

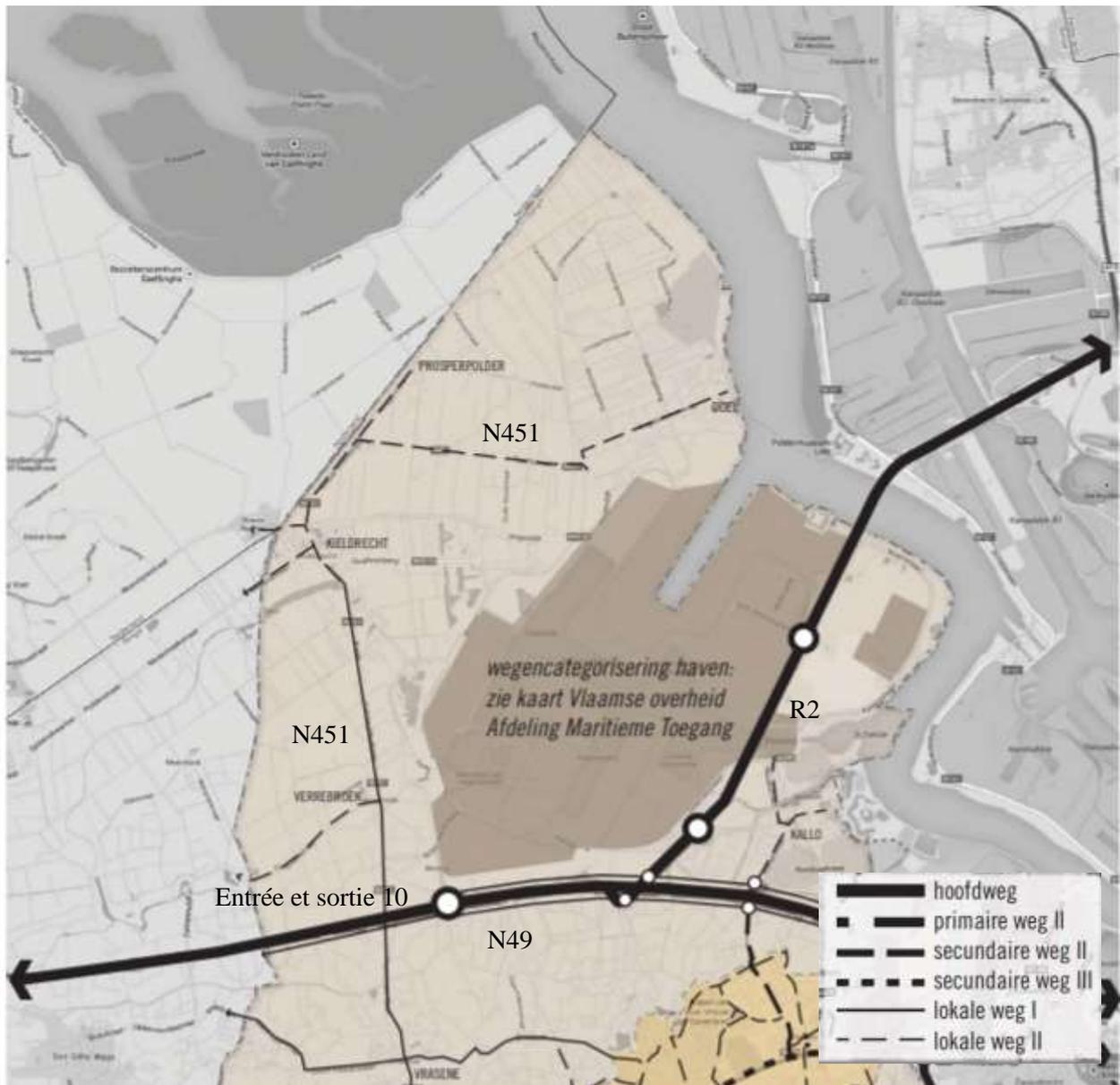


Figure 2-67 Classification routière

Infrastructure

Toutes les routes à proximité de la centrale sont des routes 2x1. La seule intersection prioritaire dans le domaine d'étude est le carrefour entre la N451 et l'Oostlangeweg. Le flux de circulation sur l'Oostlangeweg est prioritaire sur les autres embranchements.

À hauteur de la Paardenschorstraat, on retrouve deux carrefours sous la forme de rond-point. Le premier dessert la centrale nucléaire en interne. L'autre distribue la circulation entre la Paardenschorstraat, la Lindehofstraat et la Scheldemolenstraat. La Scheldemolenstraat comporte une bande de sortie menant vers la route d'accès à la centrale nucléaire.

Les routes d'accès au R2 sont supposées avoir une capacité de 1 200 UVP par heure par tronçon de route (2x1, peu d'intersections). Cette route dessert principalement la CND, et il a été indiqué plus haut qu'on

estime à 625 le nombre de voitures aux heures de pointe, principalement dans une direction (le matin vers la CND, le soir vers le R2). On peut donc supposer que le niveau de saturation sur ces routes est inférieur à 80 %. Un niveau de saturation de < 80 % correspond à un flux de trafic fluide.

Des niveaux de saturation plus élevés ont été observés pour le R2 (80 à 100 %, généralement inférieurs à 80 %). Un niveau de saturation de 80-90 % correspond à une congestion légère, 90-100 % à une congestion sérieuse et >100 % à une sursaturation.

2.8.3 Évaluation des incidences

2.8.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. chapitre 1.6).

2.8.3.1.1 Modification de l'écoulement du trafic

L'EIE en vue du renouvellement d'autorisation du site de la CND en 2010 indique que l'intensité du trafic causé par le transport de la CND sur la route d'accès à la CND est considérable aux heures de pointe et négligeable en dehors de ces heures. Notons aussi qu'en raison de la situation isolée de la CND, la route qui y mène depuis le dock Deurganck est presque exclusivement utilisée pour le transport de et vers la CND. On ne s'attend donc pas à une saturation de ce réseau routier due à la présence de la centrale nucléaire.

Les travaux réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO ont entraîné un trafic de chantier. Il s'agissait :

- de l'approvisionnement en matériaux de chantier ;
- du transport des déchets et des matériaux à réutiliser ;
- du transport de travailleurs au moyen de véhicules privés ou de véhicules utilitaires.

La circulation de et vers la centrale nucléaire a par conséquent temporairement augmenté.

Compte tenu de l'origine, de la fréquence de livraison et des quantités de transports et/ou de la chaîne d'élimination des déchets et des matériaux à réutiliser, le transport a été effectué exclusivement par camion. La part potentielle du trafic de chantier est cependant restée limitée et n'a pas entraîné d'augmentation structurelle du flux de circulation. On peut, par ailleurs, supposer que les transports pour l'approvisionnement en matériaux de chantier, pour les déchets et pour les matériaux à réutiliser ont eu lieu principalement en dehors des heures de pointe.

Aucun chiffre n'est disponible pour le nombre de mouvements de trafic supplémentaires au cours de la période 2013-2015. Étant donné que le niveau de saturation (en dehors des heures de pointe) était inférieur à 80 % (cf. paragraphes 2.8.2.1 et 2.8.2.5), qu'une partie des transports supplémentaires a eu lieu en dehors des heures de pointe et que l'augmentation était limitée, on peut supposer que l'incidence sur l'écoulement du trafic pendant la phase d'exploitation était tout au plus négativement limitée. Notons aussi qu'en raison de la situation isolée de la CND, la route qui y mène depuis le dock Deurganck est

presque exclusivement utilisée pour le transport de et vers la CND. On ne s'attendait donc pas à une saturation de ce réseau routier due à la présence de la centrale nucléaire.

L'incidence résultant du trafic de chantier dans le cadre de la LTO au niveau supra-local, c'est-à-dire les nœuds de communication autour d'Anvers, peut être considérée comme négligeable.

2.8.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

2.8.3.2.1 Modification de l'écoulement du trafic

Durant la phase d'exploitation dans la situation future, des transports supplémentaires auront lieu afin d'assurer l'approvisionnement supplémentaire en carburant de la capacité installée supplémentaire des groupes diesel pour l'alimentation électrique de secours et d'une quantité de pastilles absorbant l'iode pour la décharge de pression filtrée. Le transport supplémentaire est considéré comme ponctuel, car la consommation de ces produits n'aura lieu qu'en situation d'urgence.

Le nombre de travailleurs augmentera légèrement avec la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. Le nombre de travailleurs est estimé à :

- dans la situation de départ (2013-2014) :
 - travailleurs internes : 1 018 (987,69 équivalents temps plein)
 - travailleurs externes : 758
- lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) :
 - travailleurs internes : 1 045 (1 014,44 équivalents temps plein)
 - travailleurs externes : 932

Au total, on s'attend donc à une augmentation des effectifs d'environ 11 %.

Si l'on suppose que les intensités de trafic sont proportionnelles au nombre de travailleurs (en supposant la même répartition modale et des shifts de travail comparables), on peut affirmer que dans la situation future (avec la LTO), les intensités de trafic augmenteront également de 11 % par rapport à la situation de départ (2013-2014). En tenant compte d'un niveau de saturation (en dehors des heures de pointe) inférieur à 80 % (cf. paragraphes 2.8.2.1 et 2.8.2.5), l'incidence sur l'écoulement du trafic peut être évaluée comme négativement limitée sur la base du cadre de pertinence (Tableau 2-66).

2.8.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

De nombreux systèmes et équipements perdront leur fonction en raison de l'arrêt de la production d'électricité à Doel 1 et 2. Il y aura par conséquent moins de systèmes et d'équipements à exploiter et à entretenir. Ce qui impactera les effectifs nécessaires. On s'attend, par conséquent, à une réduction progressive des effectifs.

Par ailleurs, on peut aussi s'attendre à une augmentation des transports en raison de l'approvisionnement et de l'évacuation de matériaux dans le cadre de la mise à l'arrêt définitif. Cette augmentation est jugée limitée.

En tenant compte d'une réduction progressive des effectifs et d'une augmentation limitée des transports de matériaux, l'incidence globale sur l'écoulement du trafic durant la mise à l'arrêt définitif est évaluée comme négligeable.

2.8.3.4 Option zéro

Dans l'option zéro (= la situation « no-LTO »), aucune intervention n'a eu lieu dans le cadre de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. Il n'y a par conséquent pas eu de transports de chantier en raison des aménagements à Doel 1 et 2. Il convient de noter ici que l'incidence sur l'écoulement du trafic dans la situation LTO était tout au plus négativement limitée.

Si la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 n'avait pas été mise en œuvre, le nombre de travailleurs aurait légèrement diminué à partir de 2015. Cette tendance se poursuivra progressivement au cours des années suivantes. Le nombre de travailleurs est estimé à :

- dans la situation de départ (2013-2014) :
 - travailleurs internes : 1 018 (987,69 équivalents temps plein)
 - travailleurs externes : 758
- dans l'option zéro (à partir de 2015) :
 - travailleurs internes : 934 (904 équivalents temps plein)
 - travailleurs externes : 764

Au total, on s'attend donc à une diminution des effectifs d'environ 4 %.

Si l'on suppose que les intensités de trafic sont proportionnelles au nombre de travailleurs (en supposant la même répartition modale et des shifts de travail comparables), on peut donc s'attendre à une diminution des intensités de trafic, également d'environ 4 %. L'incidence d'une telle diminution sur l'écoulement du trafic est négligeable.

En ce qui concerne la discipline Mobilité, on peut conclure que la différence entre une MAD en 2015 (= option zéro) ou en 2025 est limitée.

2.8.3.5 Incidences cumulatives

Afin de pouvoir faire face à la croissance prévue du trafic de conteneurs jusqu'en 2030, le gouvernement flamand entend déployer des capacités supplémentaires de manutention des conteneurs dans la zone portuaire d'Anvers. Le projet complexe « Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen » est en cours à cette fin. Il est prévu d'aménager des terminaux supplémentaires dans la zone qui a été aménagée en port et de construire un nouveau dock à marée, situé transversalement au dock Deurganck. Ces développements s'accompagneront d'une génération de trafic supplémentaire, mais affecteront également l'accès à la CND.

Le projet est actuellement encore en phase de développement. La phase de mise en œuvre reste à déterminer³⁸. Compte tenu de la nature et de l'ampleur du projet, on peut supposer que le projet ne sera

³⁸ <https://www.cpeca.be/verloop>

pas (entièrement) réalisé d'ici 2025. Il n'y a donc pas d'incidences cumulatives avec la phase d'exploitation dans la situation future. Si le Tweede Getijdendok et la zone logistique Drie Dokken devaient être réalisés lors de la mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029), il faudrait prévoir un nouvel accès au domaine d'étude en direction du R2. Des mesures devront être prises dans le cadre de ce projet complexe afin de garantir la fluidité du trafic.

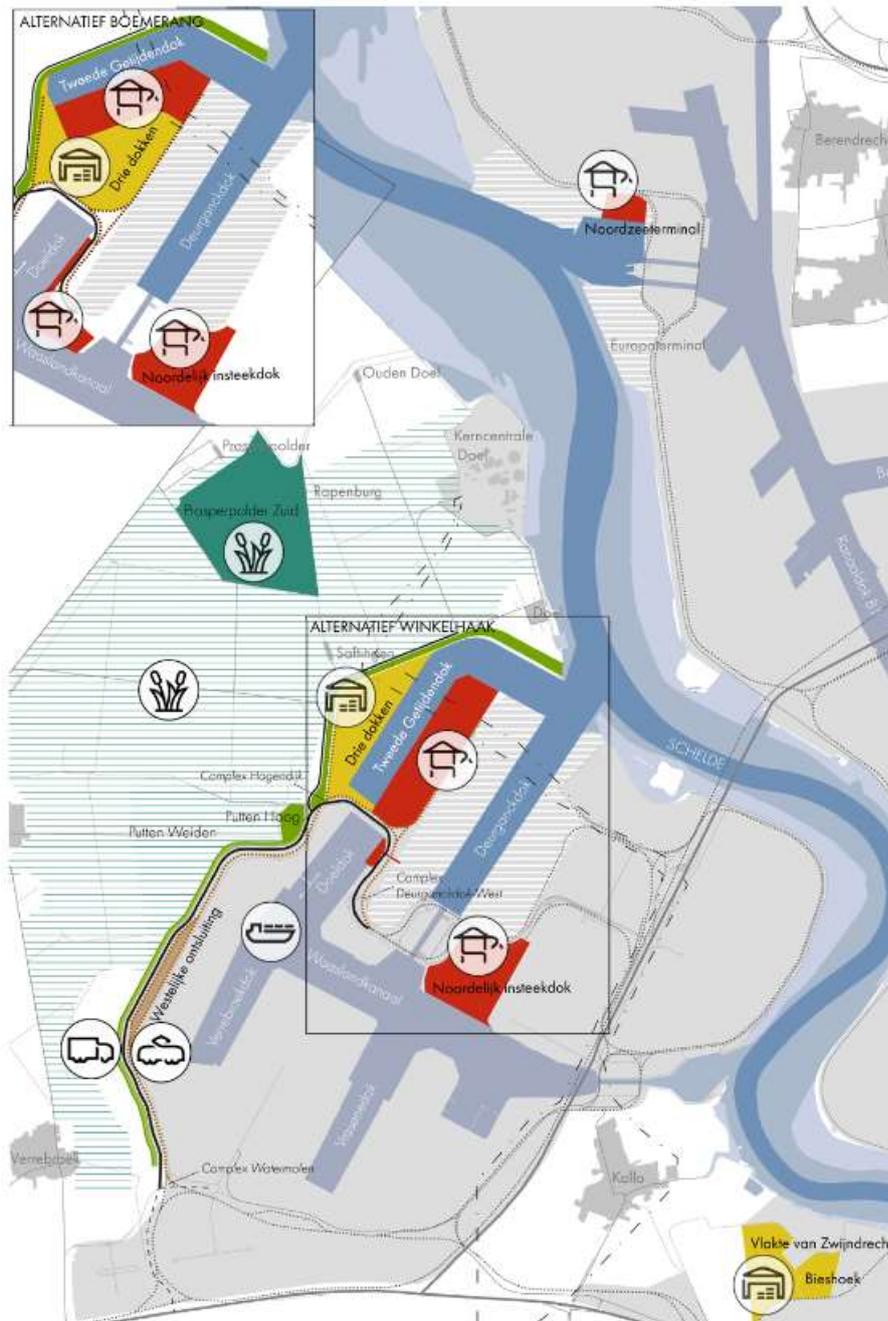


Figure 2-68 Présentation « Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen »

Il n'y a pas d'autres projets à proximité susceptibles d'entraîner des incidences cumulatives.

2.8.3.6 Incidences transfrontalières

Il n'y a pas d'incidences transfrontalières pour la discipline Mobilité.

2.8.4 Suivi

Aucune mesure relative au suivi et à l'évaluation n'est nécessaire pour la discipline Mobilité.

2.8.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Sur la base de l'évaluation des incidences, aucune mesure d'atténuation n'est jugée nécessaire. Plusieurs recommandations sont toutefois formulées :

- mettre davantage l'accent sur les modes de transport durables tels que le vélo. Il est possible d'étendre encore ce système en aménageant suffisamment de garages à vélos confortables (couverts). Il est également possible de prendre des initiatives concernant les vélos d'entreprise, les indemnités vélo, l'aménagement de douches et les systèmes de vélos partagés afin de rendre plus durables les déplacements entre le domicile et le lieu de travail ;
- miser sur le covoiturage. Celui-ci a en effet un impact positif sur la génération de trafic et les besoins de stationnement. En encourageant les collaborateurs permanents et les sous-traitants à faire du covoiturage au sein de l'entreprise (grâce à des places de parking réservées, une indemnité de covoiturage, un système de covoiturage), la centrale nucléaire pourra réduire les intensités de trafic qu'elle génère et les rendre plus durables.

2.8.6 Lacunes de connaissances

Aucun comptage du trafic n'a été effectué lors de la situation de départ. Les intensités de trafic exactes aux carrefours ne sont donc pas connues.

2.8.7 Conclusions

L'incidence des travaux qui ont été réalisés dans le cadre des aménagements en vue de la LTO peut être évaluée comme étant tout au plus négativement limitée pour la discipline Mobilité. Il y aura une légère augmentation du nombre de transports par rapport à la situation de départ en raison du trafic de chantier. Dans la situation LTO, on s'attend également à une légère augmentation du nombre de transports en raison du nombre de travailleurs supplémentaires. L'incidence est jugée négativement limitée. Lors de la MAD, on notera une diminution progressive du personnel, ainsi qu'une augmentation limitée des transports de matériel. L'incidence qui en résulte sur l'écoulement du trafic est jugée négligeable. Dans l'option zéro, une diminution des effectifs qui aurait un impact négligeable sur l'écoulement du trafic serait attendue à partir de 2015. Dans la situation LTO, cette diminution ne se produira qu'après 2025.

2.9 Afval

2.9.1 Méthodologie

2.9.1.1 Délimitation du domaine d'étude

Le domaine d'étude pour la discipline Déchets correspond aux limites du site de la CND.

2.9.1.2 Description de la situation de départ

Le flux de déchets de la CND fera l'objet d'un inventaire. Une liste du type et du volume de déchets et des points de collecte sera établie.

2.9.1.3 Description et évaluation des incidences

Les volumes de déchets dans les différentes phases du projet seront évalués (de manière quantitative dans la mesure du possible). Aucune évaluation ne sera attribuée à cette incidence. L'option zéro sera également prise en considération.

2.9.2 Situation de départ

2.9.2.1 Description générale

En Flandre, la gestion des déchets est définie dans l'arrêté du gouvernement flamand du 17 février 2012 fixant le règlement flamand relatif à la gestion durable des cycles de matériaux et des déchets (VLAREMA).

Cet arrêté comprend des règles détaillées pour :

- le transport et le commerce des déchets ;
- l'établissement de rapports sur les déchets et les matériaux ;
- l'utilisation des matières premières ;
- la collecte sélective (tri et enlèvement) auprès des entreprises ;
- la responsabilité étendue des fabricants.

En marge des obligations imposées par le VLAREMA, la politique de la CND en matière de déchets est également déterminée sur la base du système de management environnemental conformément à la norme internationale ISO14001 et au règlement européen EMAS (Eco Management and Audit Scheme). Les deux normes poursuivent le même objectif : mettre en œuvre un système de management environnemental performant, qui vise une amélioration continue en matière d'environnement.

Les déchets non radioactifs existent sous forme solide, gazeuse et liquide. Les déchets solides sont notamment composés de filtres, de déchets de construction, de déchets informatiques, de lampes, de papier et de déchets ménagers. Les déchets liquides sont notamment composés d'huiles usées, de dégraissants, de produits chimiques et de boues issues des fosses septiques. Certains déchets peuvent être des gaz résiduels de réfrigérants.

Les déchets solides et gazeux sont recyclés en externe dans la mesure du possible et les déchets liquides sont épurés. La combustion, la mise en décharge et le déversement entrent en ligne de compte uniquement

lorsque la première option n'est pas envisageable. Ces actions sont prises en charge par des entreprises de traitement des déchets externes agréées. Les entreprises de collecte agréées et, à un stade ultérieur, les entreprises de traitement des déchets agréées, sont responsables des conséquences de leurs activités. Des conditions-cadres seront imposées dans l'autorisation écologique de ces entreprises de collecte et de traitement des déchets afin de limiter les nuisances environnementales résultant de l'enlèvement et de la récupération de déchets.

La CND collecte tous les déchets séparément. Différents points de collecte sont disponibles à cet effet. Un parc à conteneurs est réservé aux déchets non dangereux et un entrepôt environnemental est réservé aux substances dangereuses (tubes luminescents, chiffons absorbants, batteries et solvants). Ce parc est uniquement accessible à heures fixes et en présence d'un expert. La CND tient un registre de qui élimine quel volume de déchets et où ils sont traités. Ce registre répond aux exigences légales.



* MAH = entrepôt environnemental central

Figure 2-69 Localisation des points de collecte



Figure 2-70 Schéma des conteneurs dans le parc à conteneurs et dans l'entrepôt environnemental central (MAH)

2.9.2.2 Conditions d'exploitation

Les déchets non radiologiques font l'objet d'une collecte sélective et sont stockés séparément en attendant d'être évacués vers une entreprise de traitement agréée.

Les prescriptions du règlement flamand relatif à l'autorisation écologique (VLAREM) et du règlement flamand relatif à l'assainissement du sol (VLAREBO) doivent être strictement respectées. Outre les conditions générales et sectorielles d'autorisation qui s'appliquent à la CND, les conditions particulières suivantes en matière de déchets, imposées par le décret provincial sur les autorisations écologiques de 2011 (autorisation de base pour les installations non nucléaires, référence M03/46003/46/2/A/5/HV/CW), sont remplies :

- la construction des espaces où les déchets sont stockés de manière temporaire doit être telle que les liquides, déversements et lixiviats qui s'échappent accidentellement de certains récipients atterrissent sur un plancher doté de gouttières de récupération et puissent ensuite être acheminés vers un ou plusieurs puits de collecte ;
- il est interdit de mettre le feu aux déchets ou de les éliminer par déversement ;
- il est interdit d'éliminer des déchets autrement qu'en les acheminant vers des entreprises respectivement agréées et habilitées de collecte et de traitement des déchets.

2.9.2.3 Flux de déchet actuels

La Figure 2-3 illustre le volume de déchets non radioactifs produits au cours de la période 2005-2014. Aucune fraction majeure ne se distingue clairement dans le total des déchets au cours des différentes années. Par conséquent, seule la distinction entre les déchets classiques et les déchets résiduels est opérée.

En dépit du total élevé de déchets, le volume de déchets résiduels (fraction qui subsiste après le tri) ne représente qu'environ 5 % du poids total, grâce à divers efforts. Un pic de plus de 1 000 m³ de déchets résiduels a été constaté en 2006. Après quoi le volume de déchets résiduels a diminué. L'optimisation de la politique de la CND en matière de déchets est incluse chaque année dans les objectifs environnementaux sous la forme d'une série de mesures concrètes (prévention, tri et recyclage). L'année suivante, on examine dans quelle mesure les mesures ont été effectivement mises en œuvre. Un outil est disponible pour le suivi des déchets produits. Ceci explique la tendance à la baisse du volume de déchets résiduels. En 2014, le volume total de déchets classiques s'élevait à 4 830 tonnes, dont 193 tonnes de déchets résiduels.

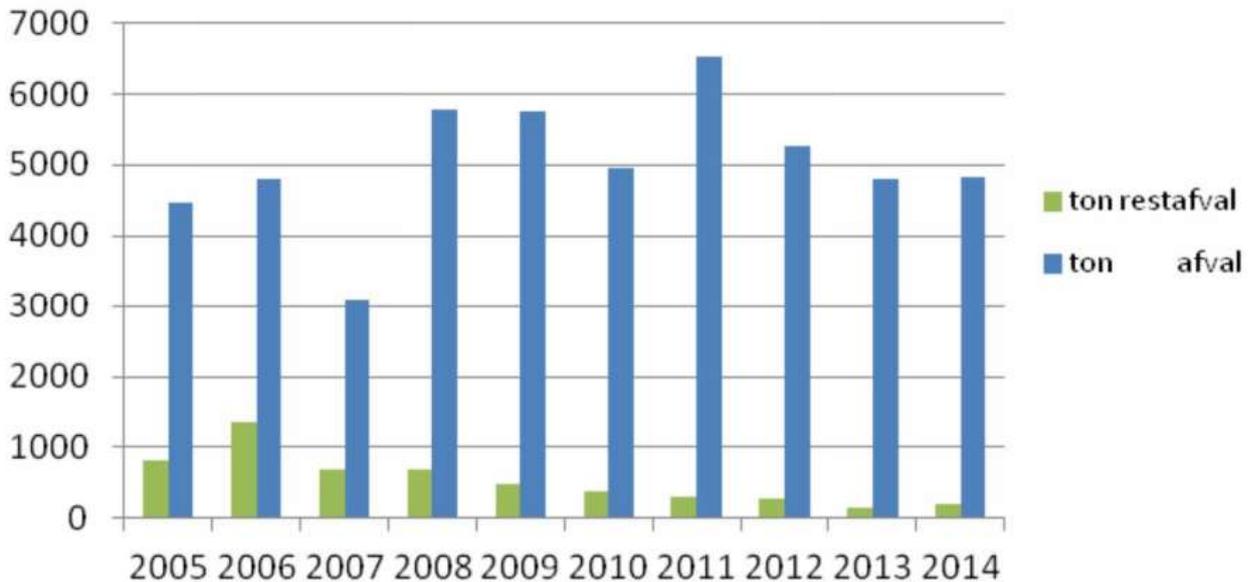


Figure 2-71 Volume total de déchets non radioactifs produits et fraction des déchets résiduels

2.9.3 Évaluation des incidences

2.9.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

2.9.3.1.1 Production de déchets

Pour une description des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO, il est fait référence à la partie générale de l'EIE (cf. chapitre 1.6).

Dans le cadre de la réalisation des différents projets qui font partie du programme LTO, les déchets suivants ont été produits :

- déchets résultant de la préparation des travaux de construction prévus (retrait des structures non exploitables, aménagement de la zone de chantier, etc.) ;
- déchets de construction (béton, acier, ciment, coffrages, matériaux d'isolation, machines d'emballage, déchets électriques, etc.) ;
- déchets de finition des chantiers (nivellement, rétablissement de l'état initial, etc.) ;
- déchets produits dans les nouveaux bâtiments (activités de bureau, entretien des équipements, etc.).

Les volumes totaux de déchets classiques produits sont :

- en 2015 : 6 041 tonnes, dont 183 tonnes de déchets résiduels ;
- en 2016 : 3 391 tonnes, dont 201 tonnes de déchets résiduels ;
- en 2017 : 7 650 tonnes, dont 210 tonnes de déchets résiduels ;
- en 2018 : 7 311 tonnes, dont 350 tonnes de déchets résiduels ;

Les volumes de déchets enregistrés englobent l'ensemble du site de la CND. Aucune distinction n'a été établie entre les déchets résultant de la LTO et les déchets résultant des autres projets en cours à la même période. Les fluctuations dans le volume de déchets s'expliquent généralement par d'importants travaux sur le site.

En 2018, la somme totale des déchets non radioactifs produits s'élevait à 7 311 tonnes. Ce chiffre est comparable avec le volume de déchets qui avait quitté le site en 2017. L'important volume de déchets est principalement dû aux nombreux projets de grande ampleur dans le cadre de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et Doel 2 et aux travaux de réparation du béton. En raison de la présence d'un grand nombre de travailleurs sur le site et du tri incorrect d'un certain nombre de fractions, les déchets résiduels ont augmenté en 2018 pour atteindre 350 tonnes.

Les déchets sont collectés, triés et éliminés de manière sélective en fonction de caractéristiques spécifiques et selon les procédures strictes appliquées par la CND.

Sur les 7 311 tonnes de déchets classiques produits en 2018, 2 242 tonnes étaient des déchets dangereux et 5 069 tonnes étaient des déchets non dangereux. 48,09 % (3 517 tonnes) des déchets ont été recyclés. 38,26 % (2 798 tonnes) ont été traités, 13,38 % (978 tonnes) ont été incinérés et 0,26 % (18 tonnes) ont été mis en décharge.

Les déchets générés par les projets de rénovation et de remplacement de composants des installations techniques (moteurs, entraînements, armoires électriques, câbles, capteurs, etc.) ont été gérés conformément aux dispositions du VLAREMA.

Le déplacement des terres a été effectué conformément aux dispositions du VLAREBO. Cette réglementation détermine la manière de traiter les terres excavées, depuis le lieu d'excavation jusqu'à la destination finale des terres, en passant par le transport.

2.9.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

2.9.3.2.1 Production de déchets

Les conditions mentionnées ci-dessus (paragraphe 2.9.2) restent applicables. Les déchets non radiologiques font l'objet d'une collecte sélective et sont stockés séparément en attendant d'être évacués vers une entreprise de traitement agréée.

Les déchets non radioactifs résultant de la mise en œuvre des mesures LTO sont éliminés conformément aux procédures internes de la CND et conformément aux dispositions du VLAREMA, du VLAREBO et du système de management environnemental.

Après la mise en œuvre des mesures LTO, la production de déchets n'a pas présenté de différence significative par rapport à la situation de départ (4 830 tonnes de déchets classiques). En 2019, le volume total de déchets s'élevait à 5 392 tonnes (dont 301 tonnes de déchets résiduels). Cela représente 1 919 tonnes de moins qu'en 2018, car les travaux dans le cadre des aménagements réalisés en vue de la LTO et les réparations du béton des unités 3 et 4 étaient terminés. Il n'y a pas eu non plus de remplacement des joints des tours de refroidissement.

Sur les 5 392 tonnes de déchets classiques produits en 2019, 37,35 % (2 014 tonnes) ont été recyclés. 54,24 % (2 925 tonnes) ont été traités, 7,75 % (417 tonnes) ont été incinérés et 0,67 % (36 tonnes) ont été mis en décharge.

2.9.3.3 Mise à l'arrêt définitif (période 2025-2029)

Lors de la phase de mise à l'arrêt définitif, aucune démolition n'aura en principe lieu dans les installations nucléaires. L'objectif est d'éliminer les principales sources de radioactivité là où c'est possible, afin que le démantèlement puisse se dérouler en toute sécurité et à la dose la plus faible possible. Des déchets seront cependant produits dans le cadre de la vidange des circuits et de la décontamination.

Les déchets non radioactifs résultant de l'arrêt définitif seront éliminés conformément aux procédures internes de la CND et conformément aux dispositions du VLAREMA, du VLAREBO et du système de management environnemental.

2.9.3.4 Option zéro

Dans l'option zéro (= la situation « no-LTO »), aucune intervention n'a eu lieu dans le cadre de la prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. Il n'y aurait donc pas eu de travaux de construction et d'excavation. Les déchets décrits au paragraphe 2.9.3.1 n'auraient donc pas été produits. Le volume de déchets sera donc moindre dans l'option zéro.

L'option zéro n'implique, par ailleurs, aucune prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2. La MAD aurait eu lieu en 2015 et non en 2025. Cela signifie que les déchets générés par l'exploitation normale de Doel 1 et 2 n'auraient plus été produits.

En ce qui concerne la discipline Déchets, on peut conclure qu'une MAD en 2015 (= option zéro) aurait entraîné une production totale de déchets moindre par la CND qu'une prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 jusqu'en 2025.

2.9.3.5 Incidences cumulatives

Aucune incidence cumulative avec d'autres projets dans les environs n'est attendue.

2.9.3.6 Incidences transfrontalières

Il n'y a pas d'incidences transfrontalières pour la discipline Déchets.

2.9.4 Suivi

Outre les enregistrements imposés par la législation, aucune mesure relative au suivi et à l'évaluation n'est nécessaire pour la discipline Déchets.

2.9.5 Mesures d'atténuation et recommandations

Pour ce qui est de ses flux de déchets, la CND dispose d'un système de management environnemental conformément à la norme internationale ISO14001 et au règlement européen EMAS. La réglementation

établie dans le VLAREMA et dans le VLAREBO est, en outre, respectée. Des mesures d'atténuation ou recommandations supplémentaires ne sont pas jugées nécessaires.

2.9.6 Lacunes de connaissances

Les volumes de déchets produits uniquement dans le cadre de la LTO ne sont pas connus. Seuls les chiffres sur le volume total de déchets produits sur le site de la CND sont disponibles.

2.9.7 Conclusions

Les travaux qui ont été effectués dans le cadre des aménagements en vue de la LTO ont entraîné la production d'un certain volume de déchets. Des flux de déchets supplémentaires seront également générés lors de la MAD. Des déchets sont, en outre, également produits dans le cadre de l'exploitation normale de la centrale nucléaire. La CND met cependant tout en œuvre pour limiter l'impact des déchets non radioactifs sur l'environnement. Une MAD en 2015 (= option zéro) aurait toutefois entraîné une production totale de déchets moindre par la CND qu'une prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 jusqu'en 2025.

2.10 Situations accidentelles (non radiologiques)

Les installations suivantes contiennent des substances dangereuses (c'est-à-dire des substances Seveso) :

- installations au gasoil (diesel) : réservoirs de stockage des installations de sécurité et de secours des unités de production de Doel 1, 2, 3 et 4, de l'installation de chauffage de l'entrepôt, des générateurs de vapeur auxiliaires et du garage ;
- installations à l'hydrogène : circuit de refroidissement à hydrogène des alternateurs des unités de production de Doel 1, 2, 3 et 4 ;
- installations à l'hydrazine (4,9 %) : réservoirs de stockage des unités de production Doel 1, 2, 3 et 4 ;
- installations utilisant une solution aqueuse de chromate de potassium³⁹ comme agent de conditionnement dans le circuit de refroidissement fermé : réservoirs tampons des unités de production Doel 1/2, 3 et 4 et de l'unité de traitement des eaux WAB ;
- entrepôts : stockage de conditionnements unitaires de produits divers.

2.10.1 Méthodologie

Une analyse du risque pour l'environnement a été réalisée, dans le cadre de laquelle les causes et les conséquences ont été examinées de manière qualitative, au même titre qu'une liste de mesures de prévention, de protection et d'atténuation. L'analyse a révélé que seuls les produits hydrazine et gasoil peuvent être libérés en quantités supérieures à la valeur limite. L'hydrogène en soi n'est pas considéré comme nocif lorsqu'il est libéré dans l'environnement. Seul le risque d'explosion y afférent est dangereux.

Des modèles "nœud papillon" ont été établis pour les installations qui utilisent les produits suivants :

- installations à l'hydrazine de Doel 3 ;
- installations à l'hydrazine de Doel 4 ;
- installations à l'hydrazine de Doel 1/2 ;
- installations au gasoil de Doel 3 ;
- installations au gasoil de Doel 4 ;
- installations au gasoil de Doel 1/2.

Ces rapports sont contrôlés périodiquement lors des inspections Seveso.

³⁹ En 2010, les réservoirs tampons pouvaient contenir des concentrations allant jusqu'à 16,8 % de chromate de potassium. L'utilisation du chromate de potassium est cependant interdite depuis le 21/09/2017 par le règlement REACH (sauf autorisation ou exception). Les installations ne sont donc plus remplies avec ces concentrations et les concentrations restent inférieures à 1 % (les solutions inférieures à 1 % ne sont pas couvertes par les règles).

Un bref résumé des analyses effectuées est présenté ci-dessous. Étant donné que les installations sont assez similaires pour les différentes unités, il s'agit d'une synthèse globale des analyses.

Tableau 2-1 Nœud papillon pour le gasoil – section stockage

Installatie : Gasolie Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van gasolie door breuk of lek aan de opslagtank			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling opslagtank door lossen vrachtwagen	1.1 Controle op voldoende vrije ruimte in de opslagtank door niveaumeting 1.2 Overvulbeveiliging 1.3 Noodstop op de vrachtwagen + permanent toezicht (chauffeur + afgevaardigde KCD)	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Regelmatige controlerondes 1.2 Alarmering laag peil 2.1 Inkuiping 2.2 Gecontroleerde verwijdering van water (en/ of andere vloeistoffen) in de inkuiping 2.3 Periodieke controle van grondwater 2.4 Grondwater- en bodemsanering
2. Blootstelling aan corrosieve condities	2.1 Coating 2.2 Opslagtanks opgesteld in gesloten lokaal (uitz. tank van hulpstoomketels) 2.3 Periodieke inspectie van de opslagtanks		

Tableau 2-2 Nœud papillon pour le gasoil – section (dé)chargement

Installatie : Gasolie Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijstelling van gasolie door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer fielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden	ermanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompung
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure: lospistool sluiten aan het einde van de lossing	2. Verspreiding van lekvloeistof naar riolering	2.1 Absorptiemateriaal 2.2 Opvangrecipiënt onder vrachtwagen – of vloeistofdichte losplaats
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage, ...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor

Tableau 2-3 Nœud papillon pour l'hydrazine – section stockage

Installatie : Hydrazine Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door lek of breuk aan hydrazine tanks			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling van hydrazine tank	1.1 Niveauregelkring stopt vulling automatisch 1.2 Overloop naar een gesloten put	1. Vorming vloeistofplas in lokaal 2. Bodemverontreiniging	1.1 Interventiemateriaal absorptieworsten 2.1 Inkuiping lokaal
2. Corrosie	2.1 Tank staat intern gebouw opgesteld 2.2 Materiaal van de omhulling is corrosiebestendig; nl. Inox		

Tableau 2-4 Nœud papillon pour l'hydrazine – section (dé)chargement

Installatie : Hydrazine Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer 1.2 Wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompings 2.1 Vloeistofdichte vloer met afgesloten opvangbak afgeleid naar riolering 2.2 Interventiemateriaal absorptieworsten
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure leegmaken flexibel op het einde van de lossing	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage,...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier		

2.10.2 Situation de départ

On examine ci-dessus si et, le cas échéant, quels changements proposés dans le cadre du projet LTO peuvent affecter les conséquences sur l'environnement de CND-1 et CND-2 en cas de situation accidentelle impliquant de l'hydrazine ou du gasoil. L'hydrogène est également pris en compte, car son explosion peut également être considérée comme une situation accidentelle.

Des études PLANOP (Protection Layer Analysis – Optimizing) ont été menées à la suite d'une inspection Seveso portant sur la sécurité conventionnelle des installations de CND-1 et CND-2. PLANOP est une méthodologie d'analyse des risques qui permet d'analyser les installations qui manipulent des substances dangereuses. Un résumé des recommandations formulées est présenté ci-dessous.

Les préparatifs de l'analyse PLANOP comportaient les éléments suivants :

- la création des fichiers PLANOP ;
- l'enregistrement des substances et des réactions et l'enregistrement des fiches de substances et des fiches de réaction ;
- la définition et la division des installations en sections et parties ;
- l'identification des substances et des réactions dans les parties ;
- l'identification des sources des causes et des étapes de libération ;
- l'enregistrement des mesures (existantes ou propositions de nouvelles mesures).

Tableau 2-5 Analyse PLANOP du circuit diesel à CND-1 et CND-2

N°	Origine	Action
1	Source des causes Production de chaleur ou de gaz par réaction avec des substances indésirables dans la partie Réservoir de stockage 80 000 l	Au point de déchargement, un raccord doit être prévu à l'endroit où le pistolet peut être inséré (conformément au reste de la centrale).
2	Mesure Zone de (dé)chargement étanche aux liquides	Le programme de contrôle doit vérifier régulièrement s'il n'y a pas d'huile sur le séparateur d'huile de la zone de déchargement.
3	Mesure Procédure : demander au conducteur si le frein à main est mis	L'utilisation de cales sera obligatoire lors de la procédure de déchargement.
4	Mesure Essai de pression hydraulique des flexibles	Vérifier si les certificats d'inspection des flexibles du camion sont demandés et consultés.

Tableau 2-6 Analyse PLANOP des installations à l'hydrogène de CND-1 et CND-2

N°	Origine	Action	Statut
1	Source des causes Explosion interne dans la partie Pressuriseurs	L'AR du 26 mars 2003 (MB du 5 mai 2003) concernant le bien-être des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques présentés par les atmosphères explosives (transposition de la directive européenne 1992/92/CE) stipule que l'employeur est tenu d'établir un document relatif à la protection contre les explosions.	Exécuté
2	Mesure Procédure : livraison d'hydrogène	Une procédure générale de (dé)chargement existe, mais une check-list spécifique au point de déchargement de l'hydrogène doit encore être établie.	Exécuté
3	Source des causes Déplacement de véhicules raccordés	L'utilisation de cales sera obligatoire lors de la procédure de déchargement.	Exécuté

N°	Origine	Action	Statut
	dans la partie (Dé)chargement remorque à tubes		
4	Source des causes Utilisation de flexibles dans la partie (Dé)chargement remorque à tubes	Demander d'ajouter le contrôle périodique à la check-list.	Exécuté
5	Partie (Dé)chargement remorque à tubes	Évaluer la nécessité de verrouiller la liaison équipotentielle avec Interlock vers le chargement.	Exécuté

Tableau 2.7 Analyse PLANOP des installations à l'hydrazine de CND-1 et CND-2

N°	Origine	Action	Statut
1	Source des causes Percée de la haute pression à partir de l'arrivée d'azote dans la partie Zone de déchargement camion-citerne	Inclure dans la check-list Déchargement : contrôle des certificats d'inspection des flexibles.	Exécuté
2	Source des causes Déplacement de camions raccordés dans la partie Zone de déchargement camion-citerne	Recommandation : installer des cales pendant le déchargement.	Exécuté
3	Partie Zone de déchargement camion-citerne	Qu'advient-il des gaz du camion refoulé : s'échappent directement dans l'atmosphère (cf. remarque Doel 3 – Mesure Werner)	Exécuté
4	Partie Dilution hydrazine	Évaluer si un contrôle périodique de détection des fuites est effectué pour le réservoir à double paroi RI-0R22.	Exécuté
5	Source des causes Débordement par ajout de MW dans les réservoirs journaliers dans la partie Injection hydrazine	Examiner s'il est nécessaire d'installer des vannes locked-closed d'arrivée de MW sur les réservoirs journaliers.	Exécuté
6	Source des causes Débordement par un mauvais alignement de la pompe de circulation sur un réservoir journalier dans la partie Injection hydrazine	Rédiger la procédure : suivi niveau réservoir journalier 1/2 afin qu'éviter un déversement via le trop-plein en cas de mauvais alignement.	Exécuté
7	Source des causes Débordement du réservoir journalier 1/2 par le pompage à partir du RI0R22 dans la partie Injection hydrazine	Consulter l'analyse PLANOP à mesure que la conception de l'installation RI de Doel 1/2 progresse. Veiller à ce que la protection anti-débordement des réservoirs journaliers soit suffisamment fiable pour éviter tout débordement.	Projet relancé dans le cadre de la LTO
8	Source des causes Dysfonctionnement du filtre à charbon actif dans la partie Dilution hydrazine	Établir un programme de maintenance pour le filtre à charbon actif PKD-D0/NI0F2.	Exécuté
9	Source des causes Débordement du RI0R22 par le déchargement des camions ou par le débordement de l'eau dans la partie Dilution hydrazine	Évaluer plus en détail la fiabilité des mesures visant à prévenir le débordement du réservoir RI0R22 : Deux options : (comparer deux jauges) - Soit ajouter la deuxième jauge au réservoir	Exécuté

N°	Origine	Action	Statut
		- Soit remplacer la jauge basse par une nouvelle jauge	
10	Source des causes Débordement du RI0R22 par le déchargement des camions ou par le débordement de l'eau dans la partie Dilution hydrazine	La vanne ORI 1063 doit être locked-closed.	Projet relancé dans le cadre de la LTO

2.10.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des situations accidentelles sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés.

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct.
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, pas de LTO.

2.10.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Les risques externes pour l'homme d'un accident majeur ont été estimés au moyen d'une analyse quantitative des risques (QRA). Seuls les produits ayant des propriétés (toxiques, inflammables, explosives) qui peuvent avoir une influence sur le risque externe pour l'homme ont été inclus dans cette analyse.

Les distances d'effet maximales (distance la plus grande à 1 % de létalité) ont été calculées pour :

- le rayonnement thermique (résultant d'un incendie dans l'encuvement des générateurs de vapeur auxiliaires, d'un incendie d'entrepôt ou d'un feu de torche lors du (dé)chargement d'hydrogène) ;
- les effets de surpression (résultant d'une explosion lors du (dé)chargement d'hydrogène) ;
- les vapeurs toxiques (résultant de la libération d'hydrazine) ;

La distance d'effet maximale la plus grande se produit dans le cas d'une explosion d'hydrogène résultant de la rupture du flexible de (dé)chargement avec inflammation retardée, à savoir 84 mètres. Les distances d'effet maximales ne s'étendent pas au-delà des limites du site. Le risque externe pour l'homme (risque pour les personnes présentes à l'extérieur de l'établissement) est donc négligeable. Aucun impact négatif significatif n'est attendu sur les IHD des zones SBZ environnantes.

2.10.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

La situation LTO ne présente pas de différence notable par rapport à la situation de départ. Plusieurs générateurs diesel supplémentaires ont été installés depuis 2013/2014, mais vu que les volumes de gasoil stockés à proximité ces générateurs sont bien inférieurs à ceux des générateurs de vapeur auxiliaires (1 200 m³), l'incendie de la cuve de ce dernier réservoir de stockage reste un scénario « enveloppe ». Les

installations à l'hydrazine et à l'hydrogène n'ont pas changé. Le risque externe pour l'homme reste donc inchangé.

La probabilité d'une incidence environnementale liée aux générateurs diesel est jugée négligeable.

KCD-3, KCD-4, le WAB et le SCG sont exploités simultanément et ne font pas partie du projet. Par conséquent, la probabilité d'un incident non radiologique potentiel ne change pas. La probabilité d'une incidence environnementale potentielle ne change pas non plus. Aucun impact négatif significatif n'est attendu sur les IHD des zones SBZ environnantes.

2.10.3.3 Option zéro

Dans l'option zéro, les aménagements dans le cadre de la LTO ne seront pas mis en œuvre. Aucun générateur diesel supplémentaire ne sera donc installé. Par conséquent, la probabilité d'une incidence environnementale potentielle restera négligeable.

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 seront définitivement mises à l'arrêt. La mise à l'arrêt définitif jusqu'au début du démantèlement se produira à la fois dans l'option zéro (projet non réalisé) et dans la situation du projet. Dans les deux situations, la mise à l'arrêt définitif est similaire en termes de durée et de préparatifs en vue du démantèlement. La seule différence est la période à laquelle a lieu la mise à l'arrêt définitif.

Par conséquent, il n'y aura aucune différence en termes de situations accidentelles entre l'option zéro (projet non réalisé) et la situation du projet. Cela vaut également pour les incidents non radiologiques et l'impact environnemental qui en découle.

KCD-3, KCD-4, le WAB et le SCG sont exploités simultanément et la probabilité d'un incident non radiologique potentiel pour ces installations ne change pas. La probabilité d'une incidence environnementale potentielle ne change donc pas non plus. Si l'on résume pour l'ensemble du site, la probabilité d'une incidence environnementale due à un incident sera plus faible dans l'option zéro (projet non réalisé) que dans la situation de départ, car CND-1 et CND-2 ne seront plus exploitées.

2.10.4 Incidences transfrontalières

En ce qui concerne le risque externe pour l'homme, il a été indiqué ci-dessus que la distance d'effet maximale (1 % de létalité) ne s'étend pas au-delà des limites du site de la CND. Le risque externe pour l'homme est donc également négligeable en dehors des frontières nationales et régionales.

En cas d'incendie, le rapport RIVM, basé d'un grand nombre de mesures, part du principe qu'il n'est généralement pas question de risques pour l'homme et pour l'environnement à partir de 1 km de l'incendie.

Sur la base de la littérature, on suppose que la plupart des animaux sont plus sensibles à l'exposition à l'hydrazine par inhalation. Toutefois, étant donné que la concentration létale (humaine) de 1 % n'est pas atteinte lors d'un accident potentiel et que l'hydrazine est instable dans l'atmosphère (durée de vie

d'environ 1 heure dans une atmosphère pure), elle ne se propagera pas sur de grandes distances et aucune incidence pertinente sur la faune n'est à prévoir en dehors des limites du site.

De plus, les animaux sont généralement plus sensibles aux effets de surpression que les humains (les oiseaux étant plus sensibles que les mammifères, et les petits mammifères plus sensibles que les grands). La distance d'effet maximale pour la létalité (humaine) de 1 % n'était que de 84 m. Cette distance d'effet ne s'étend pas au-delà des limites du site de la CND. Étant donné que la surpression dans un environnement ouvert diminue de manière exponentielle avec la distance, l'incidence en dehors des limites du site diminuera donc elle aussi rapidement. Aucune incidence pertinente sur la faune n'est donc à prévoir.

En conclusion, aucun impact négatif significatif n'est attendu sur les IHD des zones SBZ au-delà des frontières nationales.

Par conséquent, on peut supposer que les conséquences des accidents majeurs n'auront pas de caractère transfrontalier.

2.10.5 Suivi

Aucun suivi n'est jugé nécessaire.

2.10.6 Mesures d'atténuation

ENGIE/Electrabel peut (et doit) respecter les critères en matière d'accidents applicables en Belgique. À cette fin, CND-1 et CND-2, ainsi que CND-3, CND-4, la WAB et le SCG, disposent de divers équipements de sécurité et un plan d'urgence est disponible. Des mesures d'atténuation supplémentaires ne sont donc pas nécessaires dans le cadre du projet.

2.10.7 Lacunes de connaissances

Il n'y a pas de lacunes de connaissances qui affectent l'examen des alternatives et donc qui entravent le processus décisionnel.

2.10.8 Conclusions

Les distances d'effet maximales d'un incident non radiologique à CND-1 et CND-2 ne s'étendent pas au-delà des limites du site. La probabilité d'un impact environnemental potentiel ne change pas de manière significative à la suite des travaux dans le cadre de la LTO ou à la suite de l'exploitation prolongée de CND-1 et CND-2. Aucun impact négatif significatif n'est attendu sur les IHD des zones SBZ environnantes.

Références

- Aeolus & Lisee (2001). Kwetsbaarheidskaarten voor fauna en flora ten behoeve van de ondersteuning van milieueffectrapportage.
- Antrop, M. & Van der Reest, P. 2001. Het Landschap van de Schelde. De Levende Natuur 102: 42-48
- Arcadis. (2012). Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011- maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater aan de kerncentrale van Doel op de Schelde.
- Argonne National Laboratory, Environmental Science Division. Saline Water for Power Plant Cooling: Challenges and Opportunities, 2014.
- Baetens, J., Martens, D., Jacobs, I., Vochten, T. (2016). Soortenbeschermingsprogramma Antwerpse Haven Monitoringrapport 2015. Natuurpunt in samenwerking met Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en Maatschappij Linkerscheldeover.
- Berbee R.P.M. (1997). Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? RIZA rapport 97.077. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Beschrijvend bodemonderzoek, ABO nv, november 2007 (consulteerbaar bij OVAM)
- Beschrijvend bodemonderzoek, Becewa vzw, mei 2001 (consulteerbaar bij OVAM)
- Breine, J., Van Thuyne, G (2013A). Bemonstering van het visbestand in de koelwaterpluim van de kerncentrale in Doel. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (998714). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Breine, J., Van Thuyne, G. (2013B). Opvolging van het visbestand van de Zeeschelde met ankerkuilvisserij: resultaten voor 2013. INBO.R. 2013.1020474. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R. 2012.1020474). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Breine, J., Van Thuyne, G. (2014). Opvolging van het visbestand van de Zeeschelde met ankerkuilvisserij: resultaten voor 2014. INBO.R. 2014.6193190. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (INBO.R. 2014.6193190). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Breine, J., De Bruyn, A., Galle, L., Lambeens, I., Maes Y., Pauwels, I. en G. Van Thuyne (2015). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium: Ankerkuilcampagnes 2015. INBO.R.2015.11338975. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.11338975.). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Breine, J., Delmoité, S., De Bruyn, A., Galle, L., Lambeens, I., Maes, Y. en G. Van Thuyne (2017). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (10). Insttuut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

BWK verklarende tekst bij Kaart blad 15, INBO, 2006.10

Cuperus in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994. Kwetsbaarheidskaarten Natuur Zuid-Holland. CML rapport 115. Centrum voor Milieukunde Leiden.

J. Breine, A. De Bruyn, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes en G. Van Thuyne (2018). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2017. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (3). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.13829441

J. Breine, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes, T. Terrie en G. Van Thuyne (2019). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2018. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (7). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.15908465

J. Breine, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes, T. Terrie en G. Van Thuyne (2020). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2019. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (4). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.17680566

Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S., Van Braeckel, A., Vandevorde, B. & Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport. VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor Natuurbehoud INBO.2005.7.

De Kruik H.J. (1983). Overzicht van hydrobiologisch koelwateronderzoek in Nederland. Stand van zaken 30 juni 1983. Commissie Koelwater Normen, 's Gravenhage. 72pg.

Dobben, H.F. van, Bobbink, R., Bal, D., Hinsberg, A. van. (2012). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000-gebieden. Wageningen : Alterra (Alterra-rapport 2397) - 68

European Environment Agency, EMEP EEA Guidebook 2009

European Environment Agency, EMEP EEA Guidebook 2013

Ficke A.D., Myrick C.A. & L.J. Hansen (2007). Potential impacts of global change on freshwater fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries.

Garniel, A.; Daunicht, W.D.; Mierwald, U. & Ojowski, U. 2007. Vögel und Verkehrslärm. Schlussbericht, langfassung. FuEVorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Bonn/Kiel, Germany. 264p

Gassman, F., Tinguely, M. & Haschke, D. EIR-Bericht nr. 475, 1982. Calculs de panaches de tours de refroidissement pour des situations de haute pression hivernales.

Hartholt J.G. & Jager Z. (2004). Effecten van koelwater op het zoute aquatische milieu. RIKZ/2004.043.. Rijkwaterstaat.

International Atomic Energy Agency, 1974. Technical Reports Series no 155. Thermal discharges at nuclear power stations. Their management and environmental impacts.

Internationaal Energieagentschap (IEA), Nuclear Power in a Clean Energy System, 2019

Kerkum, L.C.M., bij de Vaate, A., Bijstra, D., de Jong, S.P. & Jenner, H.A. (2004). Effecten van koelwater op het zoete aquatische milieu. RIZA rapport 2004.033. Rijkwaterstaat.

Kitchell J.F., Stewart D.J. & D. Weininger (1977). Applications of a bioenergetics model to yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 1922-1935.

Krijgsveld, K.L., van der Winden, J. & Smits, R. (2008). Verstoringgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie.

Lauver, T.L., Curtis C.R., Patterson, G.W. & Douglass, L.W.. Effects of saline cooling tower drift on seasonal variations of sodium and chlorine concentrations in native perennial vegetation, 1978.

Maes, J., Ollevier, F (2005) Impact van baggeractiviteiten in de Beneden-Zeeschelde op de ecologie van de rivierprik. Studierapport in opdracht van de Afdeling Maritieme Toegang. Leuven.

Maes, J., Peeters, B., Ollevier, F.P. (1999). Evaluation of the fish guidance system at the cooling water inlet of the nuclear power plant Doel 3/4. Studierapport in opdracht van Electrabel. KU Leuven.

Maes, J., Taillieu, A., Van Damme, P., Ollevier, F. (1996). Onderzoek naar de impact van watercaptatie via het waterpompstation van de kerncentrale van Doel 3/4 op de biota van de Beneden-Zeeschelde. KU Leuven. Studierapport in opdracht van Electrabel (D/1 996/7744/1). KU Leuven.

Managementplan Natura 2000 1.0, Zeeschelde (SIGMA) (19/12/2014). Documentnummer Natura2000_0000336. Agentschap voor Natuur en Bos.

Méry, P. Aménagement et Nature no 94, Association pour les espaces naturels, Paris, France. Impact de la réfrigération atmosphérique, 1989.

Milieuverklaring 2018, Kerncentrale Doel

Nieuwborg H. 1996. Provinciaal Natuurontwikkelingsplan Antwerpen

Oriënterend bodemonderzoek, AIB-Vinçotte International NV, december 2015 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Becewa vzw, april 1996 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Becewa vzw, mei 2000 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Becewa vzw, mei 2005 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Becewa vzw, mei 2010 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Soresma, september 2002 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend bodemonderzoek, Sweco Belgium NV, oktober 2019 (consulteerbaar bij OVAM)

Oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek, Becewa vzw, november 2009 (consulteerbaar bij OVAM)

Plan-MER Oosterweelverbinding, Antea, januari 2014

Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertogs, R.; Vereecken, H.; Vos, G.; Verdoodt, N.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2017). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2016: Deelrapport 6 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_070_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Prins T.C., Bot P.V.M., Duin R.M.N. & Peeters J.C.H. (2002). Eutrofiëring zoute wateren: effecten, trends, en prognose. Rapport RIKZ 2002.023. Rijksinstituut voor Kust en Zee.

Project-MER, KCD Hernieuwing van de Vlarem-vergunning, Vinçotte, 2010

Reijnen, R. en R.P.B. Foppen, 2006. Impact of road traffic on breeding bird populations. In: The ecology of transportation: managing mobility for the environment / Davenport, J., Davenport, J.L. - Dordrecht : Springer, 2006 (Environmental Pollution 10) - ISBN 1402045034.

RIVM rapport 609022031/2009, 'Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie'. 2009.

Sierdsema H., Foppen R. & van Kleunen A. 2014. Inschatting versturende invloed werkparken ADT op vogels. Sovon-rapport 2014/19. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Stevens & Van den Bergh (2010). Advies betreffende de afwijking van de Vlarem-regelgeving bij lozing van koelwater te Doel. INBO.A.2010.111.

Technisch verslag bij grondverzet, Tractebel Engineering nv, september 2016 (consulteerbaar bij Grondbank)

US Environmental Protection Agency, Compilation of air pollutant emission factors, Third edition, August 1977 (AP-42 1977)

Van Damme, S., Van Hove, D., Ysebaert, T., de Deckere, E., Van den Bergh, E. & Meire, P. (2003). Ontwikkelen van een score of index voor fytoplankton, macrozoobenthos, macro-algen en angiospermen voor de Vlaamse overgangswateren volgens de Europese Kaderrichtlijn Water. Eindrapport ECOBE 03-R54.

Van den Bergh, Breine & Speybroek. 2013. Advies betreffende een monitoringsprogramma voor de effecten van de lozingspluim van het koelwater van de kerncentrales van Doel. INBO.A.2012.173.

Stevens & Van den Bergh (2010). Advies betreffende de afwijking van de Vlarem-regelgeving bij lozing van koelwater te Doel. INBO.A.2010.111.

van Dobben H.F., Bobbink R., Bal D., van Hinsberg A. 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra rapport 2397. Alterra, WUR, Wageningen, Nederland.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., De Regge N., Soors J., Dhaluin P., Terrie T., Van Lierop, F., Hessel K. & Van den Bergh E. (2014). MONEOS – Geïntegreerd data-rapport INBO: toestand Zeeschelde 2013. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (2646963). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., De Regge N., Soors J., Dhaluin P., Terrie T., Van Lierop, F., Hessel K., Froidmont, M. & Van den Bergh E. (2015). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2014. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.8990774. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., De Beukelaer, J., De Regge, N., Hessel, K., Soors, J., Terrie, T., Van Lierop, F. & Van den Bergh, E. (2016). MONEOS – Geïntegreerd data- rapport INBO: Toestand Zeeschelde 2015: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Insttuut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (INBO.R.2016.12078839). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Insttuut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.13479033

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Bezdenjesnji O., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Lefranc C., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2018). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2017: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Insttuut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (74). Insttuut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.15000892

Van den Bergh, Breine & Speybroek. 2013. Advies betreffende een monitoringsprogramma voor de effecten van de lozingspluim van het koelwater van de kerncentrales van Doel. INBO.A.2012.173.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2012, 2013.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2013, 2014.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2014, 2015.

Wagemans *et al.*, 2008. Galgeschoor, Groot Buitenschoor (Lillo & Zandvliet). Tweede monitoringsrapport. Natuurpunt.

Liste des tableaux

Tableau 2-1	Aperçu des développements susceptibles d’influencer l’analyse et l’évaluation des incidences	1
Tableau 2-2	Aperçu de la structure (hydro)géologique à hauteur du domaine d’étude.....	8
Tableau 2-3	Aperçu des captages d’eau souterraine autorisés dans la situation de départ à hauteur du domaine d’étude	11
Tableau 2-4	Aperçu des études de sol réalisées sur le site de la CND	12
Tableau 2-5	Qualité de l’eau et évaluation par rapport à la norme de qualité environnementale (NQE) aux points de mesure en amont et en aval du point de déversement de la CND dans l’Escaut – Situation de départ 2013-2014.....	31
Tableau 2-6	Qualité de l’eau et évaluation par rapport à la norme de qualité environnementale (NQE) aux points de mesure en amont et en aval du point de déversement de la CND dans l’Escaut – Période 2015-2020.....	33
Tableau 2-7	Indice de Prati selon l’oxygène : classes	41
Tableau 2-8	Indice de Prati selon l’oxygène	42
Tableau 2-9	Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux usées sanitaires	57
Tableau 2-10	Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux usées industrielles	63
Tableau 2-11	Normes de déversement, concentrations dans les effluents et charges polluantes des eaux de refroidissement	70
Tableau 2-12	Calcul de la contribution	88
Tableau 2-13	Représentation graphique de l’évolution de la température en fonction du temps à différentes distances du point de déversement (données de toutes les campagnes de suivi) (Arcadis, 2012)	100

Tableau 2-14 :	Classification de la catégorie « eaux de transition » (source : Stroomgebiedbeheerplan Beneden-Scheldebekken) – type « O1b » d’application à hauteur de la CND	105
Tableau 2-15 :	Cadre de pertinence de la discipline Nuisances sonores	117
Tableau 2-16 :	Association de l’évaluation aux mesures d’atténuation	118
Tableau II.2-17 :	EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURE D’IMMISSION.....	119
Tableau II.2-18 :	LES DIFFÉRENTS SECTEURS ÉOLIENS.....	120
Tableau II.2-19 :	RÉSULTATS DE LA MESURE D’IMMISSION ET COMPARAISON AVEC LA NQE.....	121
Tableau 2-20 :	Niveaux de pertinence des nuisances sonores dans la situation 2013-2014.....	129
Tableau 2-21 :	Nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2013- 2014.....	131
Tableau 2-22 :	Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2013-2014	135
Tableau II.2-23 :	RÉSULTATS DE LA MESURE D’IMMISSION ET COMPARAISON AVEC LA NQE.....	136
Tableau 2-24 :	Puissance sonore totale des sources discontinues	138
Tableau 2-25 :	Nuisances sonores spécifiques moyennes à hauteur des points de référence.....	139
Tableau 2-26 :	Nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2015- 2019	140
Tableau 2-27 :	Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans la situation 2015-2019	142
Tableau 2-28 :	Équipements caractéristiques utilisés pendant la phase d’aménagement et leur niveau de puissance sonore	144
Tableau 2-29 :	Évaluation de la somme logarithmique des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps par rapport à la valeur guide à hauteur des points de référence dans la situation 2015-2019	147
Tableau 2-30 :	Puissances sonores considérées des sources continues	149
Tableau 2-31 :	Nuisances sonores spécifiques aux points de référence par rapport à la valeur guide du VLAREM II	152
Tableau 2-32 :	Niveaux de pertinence des nuisances sonores dans l’option zéro	153

Tableau 2-33 : Niveau de pertinence sur la base des nuisances sonores spécifiques totales pondérées dans le temps dans l'option zéro	153
Tableau 2-34 Aperçu des stations de mesure à proximité de la CND	160
Tableau 2-35 Concentrations de SO ₂ (µg/m ³) à proximité de la CND	161
Tableau 2-36 Concentrations de NO ₂ (µg/m ³) à proximité de la CND	164
Tableau 2-37 Concentrations de PM ₁₀ à proximité de la CND	167
Tableau 2-38 Concentrations de PM _{2,5} à proximité de la CND.....	168
Tableau 2-39 Concentrations de carbone noir à proximité de la CND.....	169
Tableau 2-40 Facteurs d'émission pour les installations de combustion à carburants liquides, année de construction 1982-1984.....	172
Tableau 2-41 : Facteurs d'émission pour les installations de combustion à carburants liquides, année de construction 2000-2017.....	174
Tableau 2-42 Consommation de carburant (2014).....	174
Tableau 2-43 : Facteurs d'émission par installation de combustion	176
Tableau 2-44 Émissions des installations de combustion (2014).....	178
Tableau 2-45 : Économies réalisées grâce aux mesures énergétiques prises par la CND (selon le plan énergétique de 2014)	184
Tableau 2-46 : Nombre théorique d'heures de fonctionnement et consommation de gasoil, scénario réaliste le plus pessimiste période 2015-2019.....	187
Tableau 2-47 : Émissions des installations de combustion, scénario réaliste le plus pessimiste 2015-2019 pour la situation LTO (tonne/an).....	188
Tableau 2-48 Sélection des polluants pertinents	189
Tableau 2-49 : Émissions des installations de combustion, scénario réaliste le plus pessimiste 2019-2029 pour la situation no-LTO (tonne/an)	192
Tableau 2-50 Émissions annuelles de CO ₂ au cours de la période 2009-2019.....	194
Tableau 2-51 Cadre d'évaluation de l'eutrophisation et de l'acidification issu des guides pratiques de l'ANB liés à l'eutrophisation et à l'acidification par l'air	200
Tableau 2-52 Aperçu des valeurs critiques de dépôt d'azote pour les types d'habitats européens présents dans un rayon de 2,5 km autour du site de la CND.....	227

Tableau 2-53	Aperçu de la charge critique d’acidification pour les types d’habitats européens présents dans un rayon de 2,5 km autour du site de la CND	230
Tableau 2-54 :	Sensibilité des oiseaux aux perturbations (Aeolus & Lisec, 2001)	235
Tableau 2-55	Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme- estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk – Types d’habitats européens pertinents pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet au sein du groupe d’écotope « estuaires »	267
Tableau 2-56	Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme- estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - Types d’habitats européens pertinents pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet au sein du groupe d’écotope « wetlands »	271
Tableau 2-57	Objectifs de conservation des zones SBZ BE2300006 Schelde- en Durme- estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk – Espèces protégées au niveau européen pertinentes pour la localisation de la CND, la nature de ses activités et les caractéristiques du projet	272
Tableau 2-58	Liste des facteurs de stress et des impacts connexes sur la santé dans le cadre du projet	309
Tableau 2-59	Utilisation de l’espace dans le domaine d’étude de l’établissement	313
Tableau 2-60	Nombre d’habitants dans un rayon de 2 et 5 km autour de la centrale nucléaire de Doel (source : Statbel)	315
Tableau 2-61	Distances d’effet maximales par système de confinement	323
Tableau 2-62	Nœud papillon pour le gasoil – section stockage	325
Tableau 2-63	Nœud papillon pour le gasoil – section (dé)chargement	326
Tableau 2-64	Nœud papillon pour l’hydrazine – section stockage	327
Tableau 2-65	Nœud papillon pour l’hydrazine – section (dé)chargement	328
Tableau 2-66	Cadre de pertinence de la discipline Homme – Mobilité	341

Liste des figures

Figure 2-1	Topographie à hauteur du domaine d'étude	6
Figure 2-2	Profil de hauteur à hauteur de la CND	7
Figure 2-3	Bathymétrie de l'Escaut à hauteur de Doel	26
Figure 2-4	Emplacement des points de mesure de la VMM	29
Figure 2-5	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) - 2013.....	37
Figure 2-6	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2014.....	37
Figure 2-7	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2015	38
Figure 2-8	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2016.....	38
Figure 2-9	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2017	39
Figure 2-10	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2018.....	39
Figure 2-11	Température (°C) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1 (D1/xxx ; ligne bleue) et de Doel 2 (D1/xxx ; ligne orange) et au point d'extraction des unités Doel 3 et 4 (D3/xxx ; ligne grise) – 2019	40
Figure 2-12	Bilan hydrologique 2013 (m ³)	45
Figure 2-13	Bilan hydrologique 2014 (m ³)	46
Figure 2-14	Représentation schématique du réseau d'égouts interne pour l'évacuation des eaux usées industrielles et des eaux de refroidissement	50

Figure 2-15	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2013	73
Figure 2-16	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2014	73
Figure 2-17	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2015	74
Figure 2-18	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2016	74
Figure 2-19	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2017	75
Figure 2-20	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2018	75
Figure 2-21	Teneur en oxygène (mg O ₂ /l) de l'eau de l'Escaut aux points d'extraction de Doel 1, Doel 3 et 4 et de l'eau de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2019	76
Figure 2-22	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2013	79
Figure 2-23	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2014	79
Figure 2-24	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2015	80
Figure 2-25	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2016	80
Figure 2-26	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2017	81
Figure 2-27	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2018	81
Figure 2-28	Température (°C) des eaux de refroidissement au point de déversement commun K3 – 2019	82

Figure 2-29	Carte des inondations pluviales – zone inondable selon le climat actuel. Probabilité élevée : précipitations avec période de retour de 10 ans (T10) ; probabilité moyenne : période de retour de 100 ans (T100) ; faible probabilité : période de retour de 1 000 ans (T1000) (Source : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).	86
Figure 2-30	Carte des inondations pluviales – zone inondable selon le scénario climatique à fort impact (plein été) 2050. Probabilité élevée : précipitations avec période de retour de 10 ans (T10) ; probabilité moyenne : période de retour de 100 ans (T100) ; faible probabilité : période de retour de 1 000 ans (T1000) (Source : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).	86
Figure 2-31	Zone présentant une hausse de température perceptible (> 1 °C) à marée descendante, levée immergée	96
Figure 2-32	Zone présentant une hausse de température perceptible (> 1 °C) à marée descendante, levée émergée.....	97
Figure 2-33	Zone maximale présentant une hausse de température perceptible (> 1 °C) à marée montante	99
Figure 2.34	Moyenne annuelle de NO ₂ interpolée en 2012 à proximité de la CND (cercle noir)	165
Figure 2.35	Moyenne annuelle de NO ₂ interpolée en 2013 à proximité de la CND (cercle noir)	166
Figure 2.36	Moyenne annuelle de NO ₂ interpolée en 2014 à proximité de la CND (cercle noir)	166
Figure 2.37	Modélisation des concentrations de PM ₁₀ à proximité de la CND (cercle noir) ..	168
Figure 2.38	Modélisation des concentrations de PM _{2,5} à proximité de la CND (cercle noir)..	169
Figure 2.39	Modélisation des concentrations de carbone noir en 2014 à proximité de la CND (cercle noir).....	170
Figure 2.40 :	Contribution annuelle moyenne à l'immission de NO ₂ lors de la phase d'exploitation, scénario LTO.....	191
Figure 2.41 :	Contribution annuelle moyenne à l'immission de NO ₂ lors de la phase d'exploitation, scénario no-LTO	193
Figure 2-42	Autres zones importantes pour la nature à proximité de la CND.....	205
Figure 2-43	Zones de reproduction et zones de séjour importantes à proximité de la CND ..	208
Figure 2-44	Carte des écotopes de l'Escaut (INBO, 2015).....	212

Figure 2-45	Réseau d'infrastructures écologiques dans la zone portuaire d'Anvers (Baetens et al., 2015).....	224
Figure 2-46	Contour des dépôts d'azote (en kg N/(ha.an)) causés par les activités de la CND lors de la phase d'exploitation dans la situation future	228
Figure 2-47	Contour des dépôts acidifiants (en A _{eq} /(ha.an)) causés par les activités de la CND lors de la phase d'exploitation dans la situation future	231
Figure 2-48 :	Sensibilité aux perturbations des différents groupes d'espèces (moyennes des espèces néerlandaises pertinentes, Krijgsveld et al. 2008).....	234
Figure 2-49	Contours de bruit 2013-2014 (= phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones Natura 2000	238
Figure 2-50	Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones VEN.....	239
Figure 2-51	Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux réserves naturelles reconnues et flamandes	240
Figure 2-52	Degré de perturbation en fonction de l'augmentation de la température de l'eau (Hartholt & Jager, 2004)	244
Figure 2-53	Exigences de température de diverses espèces de poissons (rouge : régime piscivore ; bleu : régime macrofaunivore ; violet : régime piscivore/macrofaunivore ; vert : régime herbivore/macrofaunivore. Une flèche à côté de l'espèce indique qu'elle peut tolérer des températures > 28 °C) (Kerkum <i>et al.</i> , 2004)	246
Figure 2-54	Contour des dépôts d'azote (en kg N/(ha.an)) causés par les activités de la CND dans l'option zéro	255
Figure 2-55	Contour des dépôts acidifiants (en A _{eq} /(ha.an)) causés par les activités de la CND dans l'option zéro.....	257
Figure 2-56	Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux zones Natura 2000.....	259
Figure 2-57	Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux zones VEN.....	260
Figure 2-58	Contours de bruit dans l'option zéro par rapport aux réserves naturelles reconnues et flamandes	261
Figure 2-59	Contours de bruit 2013-2014 (identiques pour la phase d'exploitation 2015-2018) par rapport aux zones Natura 2000	283
Figure 2-60	Contours de bruit 2013-2014 (= phase d'exploitation dans la situation future) par rapport aux zones VEN	286

Figure 2-61	Localisation des points de prise de vue	299
Figure 2-62	Perception de la sûreté des réacteurs nucléaires en Belgique pour la période 2011-2018 (N>1000, échantillon pondéré en 2015 et 2018).....	331
Figure 2-63	Localisation des voies d'accès au méso-niveau	339
Figure 2-64	Localisation des accès	340
Figure 2-65	Réseau cyclable fonctionnel supralocal (Bovenlokaal Functioneel Fietsroutenetwerk) (source : gisoost.be).....	343
Figure 2-66	Réseau de points-nœuds cyclables (source : fietsnet.be).....	344
Figure 2-67	Classification routière.....	348
Figure 2-68	Présentation « Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen »	352
Figure 2-69	Localisation des points de collecte	355
Figure 2-70	Schéma des conteneurs dans le parc à conteneurs et dans l'entrepôt environnemental central (MAH)	355
Figure 2-71	Volume total de déchets non radioactifs produits et fraction des déchets résiduels.....	357

3 Aspects radiologiques

Ce chapitre décrit quels aspects radiologiques liés à l'environnement sont considérés dans la présente EIE. Afin de mieux interpréter les résultats de ces observations, une brève introduction au concept de rayonnement et à son impact radiologique est donnée ci-dessous. Cette introduction est suivie d'un aperçu des situations considérées dans la présente EIE. Il s'agit en partie d'une répétition du chapitre 1.

3.1 Scénarios étudiés

La détermination des incidences du projet est divisée en différents scénarios (cf. aussi paragraphe 1.7 pour les points 2 et 3).

1. Situation de départ : elle reprend la description de la situation telle qu'elle est actuellement. Elle est basée sur la situation avant le projet, c'est-à-dire en 2014. Afin d'obtenir une meilleure idée de la situation moyenne, les années 2012 et 2013 ont également été incluses.
2. Projet (scénario LTO) :
 - a. Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : elle reprend la phase du projet durant laquelle les adaptations et les modifications qui découlent du projet sont mises en œuvre. Cette phase s'étend de 2015 à 2018 inclus. Ces adaptations sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - b. Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : elle reprend la phase du projet durant laquelle toutes les modifications et adaptations du projet sont mises en œuvre. La centrale nucléaire y est donc exploitée de manière régulière. Cette phrase s'étend de 2019 à 2025 inclus.
3. Option zéro : il s'agit de la situation dans laquelle le projet n'est pas réalisé et dans laquelle l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

Comme mentionné également au paragraphe 1.1.3, l'arrêt de la production d'électricité est suivi de la mise à l'arrêt définitif, après quoi commence le démantèlement. Le démantèlement est soumis à une procédure d'autorisation spécifique propre, qui comprend une évaluation des incidences sur l'environnement. Comme il s'agit d'une procédure distincte, le démantèlement de CND-1 et CND-2 ne fait pas partie de la présente EIE.

Les paragraphes 3.1.1 à 3.1.3 inclus décrivent ces situations plus en détail et présentent la méthodologie spécifique utilisée pour chaque situation. Cette méthodologie est appliquée à la fois à la situation de départ, à la situation du projet (scénario LTO) et à l'option zéro.

3.1.1 Situation de départ

La situation de départ est définie comme la période 2012-2014. Les travaux liés au projet ont commencé en 2015. L'année 2014 est donc la dernière année où la situation n'est pas influencée par le projet. Des fluctuations de production sont cependant observées dans le cadre de l'exploitation normale. Par conséquent, les rejets et l'impact de la centrale nucléaire sur l'environnement sont également sujets à des fluctuations. Afin d'obtenir une meilleure idée de la situation moyenne, l'année 2014, mais aussi les deux années précédentes, à savoir 2012 et 2013, ont été considérées.

Les incidences de la CND dans la situation de départ ont été déterminées en évaluant quelles étaient les incidences mesurées et rapportées durant la période 2012-2014. Dans la mesure du possible, on distingue pour ces données la contribution de CND-1 et CND-2 et la contribution combinée de CND-3 et CND-4. On obtient ainsi un aperçu de la contribution de CND-1 et CND-2 à la situation de départ. Dans la mesure du possible, une incidence moyenne a été déterminée pour la situation de départ, tant pour CND-1 et CND-2 que pour CND-3 et CND-4. Ces moyennes ont ensuite été utilisées pour déterminer les incidences lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025), ainsi que pour l'option zéro.

3.1.2 Projet (scénario LTO)

Le scénario du projet LTO comprend deux phases distinctes : la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 et la phase d'exploitation du projet dans la situation future (période 2019-2025).

3.1.2.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Les mesures LTO sont mises en œuvre durant cette phase. Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre lors de l'exploitation régulière ou seulement lors d'une révision (annuelle, au cours de laquelle le combustible est également remplacé). Les mesures LTO techniques en particulier ne peuvent être mises en œuvre que lors d'une révision, afin d'assurer la sécurité permanente tant de la centrale que des collaborateurs. De nombreux travaux sont également réalisés dans le cadre de l'exploitation régulière.

L'incidence de chaque aspect environnemental (cf. paragraphe 3.3) a été déterminée pour la situation de départ. Sur la base de la description des mesures (cf. aussi paragraphe 1.6.1) et de l'incidence au cours de la situation de départ, une estimation est faite de la manière dont les mesures influencent chacun des aspects environnementaux. Par exemple : le rayonnement direct pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 augmentera-t-il, diminuera-t-il ou restera-t-il identique par rapport à la situation de départ ?

Les incidences réelles pour la période 2015-2018 étant connues au moment de l'élaboration de la présente EIE, l'estimation réalisée sera ensuite comparée avec les incidences rapportées.

3.1.2.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après la réalisation de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, c'est-à-dire à la fois la mise en œuvre des mesures du projet et l'exploitation régulière, CND-1 et CND-2 continueront d'être exploitées régulièrement pendant la période 2019-2025. Par analogie à la phase d'exploitation du projet

entre 2015 et 2018, une estimation de l'incidence des mesures sur les émissions pendant la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) sera faite sur la base de la description des mesures et des émissions lors de la situation de départ.

Cette estimation sera ensuite utilisée pour déterminer l'incidence cumulative de la prolongation de dix ans de la période d'exploitation.

3.1.3 Option zéro

Pour déterminer les incidences au cours de la situation de départ, une distinction a été faite, dans la mesure du possible, entre les incidences combinées de CND-1 et CND-2 et les incidences combinées de CND-3 et CND-4.

Dans le cadre de l'option zéro, l'exploitation de CND-1 et CND-2 cesse en 2015. Les réacteurs nucléaires et le bassin de stockage de combustible devront toutefois toujours être refroidis. Les incidences de CND1 et CND-2 seront donc toujours présentes, bien qu'inférieures à celles de la situation de départ. Au cours de cette phase, appelée « mise à l'arrêt définitif », CND-1 et CND-2 sont préparées en vue de leur démantèlement.

3.2 Rayonnement et impact radiologique

Ce paragraphe introduit brièvement le concept de rayonnement et son impact radiologique potentiel. Dans ce contexte, un certain nombre de termes et de définitions préalablement expliqués sont utilisés [e.a RGPRI]. Le paragraphe 3.2.2 explique ensuite le concept de fission nucléaire, ainsi que son application dans l'énergie nucléaire et les aspects liés au rayonnement.

3.2.1 Termes et définitions

Rejets accidentels	Rejets radioactifs qui ont lieu à la suite d'un accident au sein de la centrale.
Activité	L'activité A d'une quantité d'un radionucléide à un état énergétique déterminé et à un moment donné est le quotient de dn par dt , où dn est le nombre probable de transitions nucléaires spontanées à partir de cet état énergétique dans l'intervalle de temps dt : $A = dn/dt$ L'unité d'activité est le becquerel.
ALARA	<i>As Low as reasonably Achievable</i> . Terme issu de la radioprotection qui signifie que le rayonnement doit être maintenu à un niveau aussi bas que possible.
Becquerel	Nom de l'unité d'activité ; un becquerel équivaut à une transition par seconde : $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$.

Exposition	<p>Fait d'être exposé à des rayonnements ionisants. On distingue :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'exposition externe : exposition résultant de sources situées en dehors de l'organisme ; • l'exposition interne : exposition résultant de sources situées dans l'organisme ; • l'exposition totale : somme de l'exposition externe et de l'exposition interne.
Dose collective	<p>La dose collective (S) pour une population ou un groupe exposés à une source, une pratique ou une activité professionnelle visée par le présent règlement et entraînant une exposition, est donnée par l'expression suivante :</p> $S = \sum_i H_i P_i$ <p>où H_i est la moyenne des doses reçues et engagées au niveau de l'organisme entier, d'un organe ou d'un tissu par les P_i membres du i-ème sous-groupe de la population ou du groupe considéré.</p>
Contrainte de dose	<p>Restriction imposée sur les doses individuelles attendues qui pourraient être causées par une source, une pratique ou une tâche particulière ; elle est utilisée en optimisation, lors de la planification de la radioprotection.</p>
Facteur de conversion de dose	<p>Facteurs permettant de calculer la charge de rayonnement des organes individuels et du corps entier à partir de substances radioactives présentes dans le corps. Les facteurs de dose dépendent du radionucléide, du mode d'absorption (inhalation/ingestion), du composé chimique du radionucléide (soluble/insoluble) et de l'âge de la personne.</p>
Limites de dose	<p>Valeurs maximales fixées dans le présent règlement pour les doses résultant de l'exposition des personnes professionnellement exposées, des apprenti(e)s et des étudiant(e)s, ainsi que des autres personnes du public, aux rayonnements ionisants ; elles s'appliquent à la somme des doses concernées résultant de sources externes de rayonnement pendant la période spécifiée et des doses engagées sur cinquante années (jusqu'à l'âge de 70 ans pour les enfants) par suite des incorporations pendant la même période.</p>
Débit de dose	<p>Le terme « débit de dose » est utilisé pour indiquer la quantité de dose (efficace) par unité de temps, généralement en $\mu\text{Sv}/\text{heure}$. Le débit de dose ne peut être utilisé que pour le rayonnement direct, car les doses engagées ne sont pas prises en compte. Le débit de dose représente généralement la dose efficace engagée en tenant compte de rayonnements bêta et gamma ($W_R=1$) et d'une irradiation homogène du corps entier ($W_T=1$).</p>

Dose efficace (E) Somme des doses équivalentes pondérées délivrées aux différents tissus et organes du corps mentionnés à l'annexe II du RGPRI par l'irradiation interne et externe. Elle est définie par la formule :

$$E = \sum W_T H_T \sum W_T \sum W_R D_{T,R}$$

où :

- $D_{T,R}$ est la moyenne pour l'organe ou le tissu T de la dose absorbée du rayonnement R,
- w_R est le facteur de pondération radiologique, et
- w_T est le facteur de pondération tissulaire valable pour le tissu ou l'organe T.

Les valeurs appropriées de w_T et w_R sont indiquées à l'annexe II du RGPRI.

L'unité de dose efficace est le sievert (Sv).

Dose efficace engagée $[E(\tau)]$: Somme des doses équivalentes engagées dans les divers tissus ou organes $[H_T(\tau)]$ par suite d'une incorporation, multipliée par le facteur de pondération tissulaire w_T approprié. Elle est donnée par la formule :

$$E(T) = \sum_T W_T H_T(T)$$

où τ indique le nombre d'années sur lequel est faite l'intégration.

L'unité de dose efficace engagée est le sievert.

Dose équivalente (H_T) Dose absorbée par le tissu ou l'organe T, pondérée suivant le type et la qualité du rayonnement R. Elle est donnée par la formule :

$$H_{T,R} = W_R D_{T,R}$$

où :

- $D_{T,R}$ est la moyenne pour l'organe ou le tissu T de la dose absorbée du rayonnement R, et
- w_R est le facteur de pondération radiologique.

Lorsque le champ de rayonnement comprend des rayonnements de types et d'énergies correspondant à des valeurs différentes de w_R , la dose équivalente totale H_T est donnée par la formule :

$$H_T = \sum W_R D_{T,R}$$

Les valeurs appropriées de w_R sont indiquées à l'annexe II du RGPRI. L'unité de dose équivalente est le sievert (Sv).

Dose équivalente engagée $[H_T(\tau)]$ Intégrale sur le temps du débit de dose équivalente au tissu ou à l'organe T qui sera reçu par un individu à la suite d'une incorporation à un moment t_0 . Elle est définie par la formule :

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt$$

où : $H_T(\tau)$ est le débit de dose équivalente à l'organe ou au tissu T au moment τ et τ représente la période, exprimée en années, sur laquelle l'intégration est effectuée.

Si la valeur de τ n'est pas donnée, elle est implicitement, pour les adultes, de cinquante années et, pour les enfants, du nombre d'années restant jusqu'à l'âge de 70 ans. L'unité de dose équivalente engagée est le sievert.

FHA	<i>(Fuel Handling Accident)</i> : accident de manutention de combustible, dans le cadre duquel on suppose qu'un élément combustible se détache pendant la manutention et que, à la suite de cette chute, toutes les barres de combustible sont endommagées.
Dose absorbée (D)	Énergie absorbée par unité de masse. $D = dC/dm$ où : <ul style="list-style-type: none"> • dC est l'énergie moyenne communiquée par le rayonnement ionisant à la matière dans un élément de volume, • dm est la masse de la matière dans cet élément de volume.
Zone contrôlée	Zone soumise à une réglementation pour des raisons de protection contre les rayonnements ionisants et dont l'accès est également réglementé. Dans cette zone, l'exposition du personnel est contrôlée en raison de l'apparition possible d'un niveau de rayonnement ou de contamination accru.
Détriment sanitaire	Estimation du risque de réduction de l'espérance et de la qualité de vie d'une population résultant de l'exposition à des rayonnements ionisants. Cette définition comprend les conséquences et la probabilité de conséquences sur l'espérance et la qualité de vie dues tant aux effets somatiques et au cancer (mortel ou non) qu'aux effets génétiques dans la descendance, ainsi que tout autre effet attribuable aux rayonnements ionisants.
Gray (Gy)	Unité de dose absorbée ; un gray équivaut à un joule par kilogramme : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.
Valeur limite	Norme fixée conformément à la politique, dont l'objectif est de garantir un niveau minimum de protection des systèmes.
Demi-vie	Durée pendant laquelle la moitié des noyaux d'un radionucléide se désintègre.
LOCA	<i>(Loss Of Cooling Accident)</i> : accident avec perte de réfrigérant, dans le cadre duquel le refroidissement normal du réacteur par le circuit primaire est interrompu. Un système spécial d'injection de sécurité est prévu pour faire face à cet accident.
Incorporation	Activité des radionucléides pénétrant dans l'organisme à partir du milieu ambiant.
Circuit primaire	Dans un réacteur à eau pressurisée (PWR), c'est le circuit primaire qui assure le refroidissement direct du réacteur. Sa fonction est de transférer la chaleur accumulée dans le réacteur vers le générateur de vapeur où la chaleur est transférée vers le circuit secondaire. Dans un réacteur à eau pressurisée, l'eau est utilisée sous pression de sorte qu'elle reste à l'état liquide malgré une température d'environ 300 °C.
Contamination radioactive	Contamination d'une matière, d'une surface, d'un milieu quelconque ou d'un individu par des substances radioactives. Dans le cas particulier du corps humain, cette contamination radioactive comprend à la fois la contamination externe cutanée et la contamination interne par quelque voie que ce soit.
Substance radioactive	Toute substance contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

Risque	Produit de la probabilité qu'une situation accidentelle se produise et de l'effet indésirable de cette situation accidentelle.
Rejets de routine	Rejets radioactifs qui ont lieu lors de l'exploitation normale de la centrale.
Circuit secondaire	Le circuit secondaire a pour fonction de transférer la chaleur du circuit primaire vers la turbine et le circuit tertiaire (où elle est déversée dans l'Escaut). L'eau du circuit primaire est conduite vers le générateur de vapeur où elle entre en contact avec l'eau du circuit secondaire via des tubes fins et libère sa chaleur dans cette eau. L'eau sera ensuite acheminée via le circuit secondaire vers la turbine, où l'énergie thermique sera transformée en énergie mécanique par expansion. La chaleur restante sera alors évacuée.
Sievert (Sv)	Unité de dose équivalente et de dose efficace. Pour les photons et les électrons de n'importe quelle énergie, un sievert correspond à un joule par kilogramme : $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$.

3.2.2 Rayonnement et impact radiologique

3.2.2.1 Atome

Un atome est le plus petit composant identifiable de tout élément chimique. La Figure 3-1 représente un atome d'oxygène.

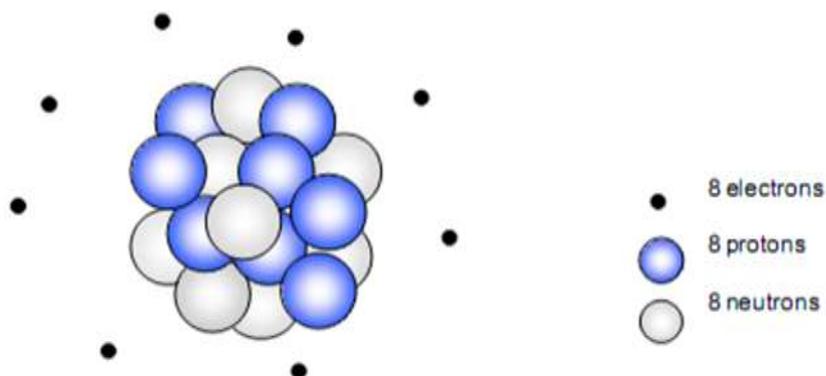


Figure 3-1 Représentation schématique d'un atome d'oxygène 16

On voit ici que l'atome même peut encore être divisé en trois éléments constitutifs : les électrons, les protons et les neutrons. L'ensemble des protons et des neutrons est appelé « noyau atomique ». Les électrons portent une charge électrique négative, les protons portent une charge positive et les neutrons sont électriquement neutres. L'atome dans son ensemble n'est pas chargé électriquement, car il y a toujours autant de protons que d'électrons dans un atome.

Le comportement chimique d'un atome est entièrement déterminé par les électrons qui se trouvent autour du noyau de l'atome. Par conséquent, deux atomes ayant un nombre égal de protons et d'électrons, mais un nombre différent de neutrons, ont le même comportement chimique. C'est ce qu'on appelle les

« isotopes » d'un élément chimique. Les propriétés physiques (p. ex. le point de fusion) de ces deux isotopes peuvent toutefois varier.

Pour noter les différents isotopes, on utilise le numéro de masse et le numéro atomique. Le numéro atomique est le nombre de protons dans un noyau ; le numéro de masse est la somme du nombre de neutrons et de protons dans un noyau. L'isotope d'un élément chimique a le même numéro atomique, mais un numéro de masse différent. En notation générale, nous avons donc $\frac{\text{numéro de masse}}{\text{numéro atomique}}X$, où X représente l'élément chimique en question (p. ex. H, He, Li, ..., U, etc.) Comme la notation X est liée au numéro atomique de manière unique, celui-ci est souvent omis (l'oxygène (O) a ainsi toujours 8 protons). On arrive donc à la notation $\text{numéro de masse}X$, par exemple ^{16}O , ^{235}U ou ^{238}U . Les isotopes sont aussi souvent écrits selon la structure « X-numéro de masse » : O-16, U-235, U-238, etc.

3.2.2.2 Énergie de liaison par nucléon

Pour comprendre le phénomène de fission nucléaire, ce n'est pas le comportement chimique et les électrons qui sont importants, mais le comportement du noyau proprement dit. Le noyau est constitué d'un certain nombre de protons et de neutrons. Le fait que le noyau ne se désintègre pas bien qu'il soit composé de plusieurs protons qui se repoussent mutuellement (ceux-ci portent en effet une charge électrique positive) trouve son origine dans le fonctionnement des forces nucléaires. Ces forces nucléaires vont tenter de maintenir le noyau ensemble et elles traitent les neutrons et les protons de la même manière.

Lorsqu'on représente l'énergie de liaison moyenne par nucléon (le nom commun donné aux protons et aux neutrons) en fonction du nombre de nucléons, on obtient les résultats présentés à la Figure 3-2.

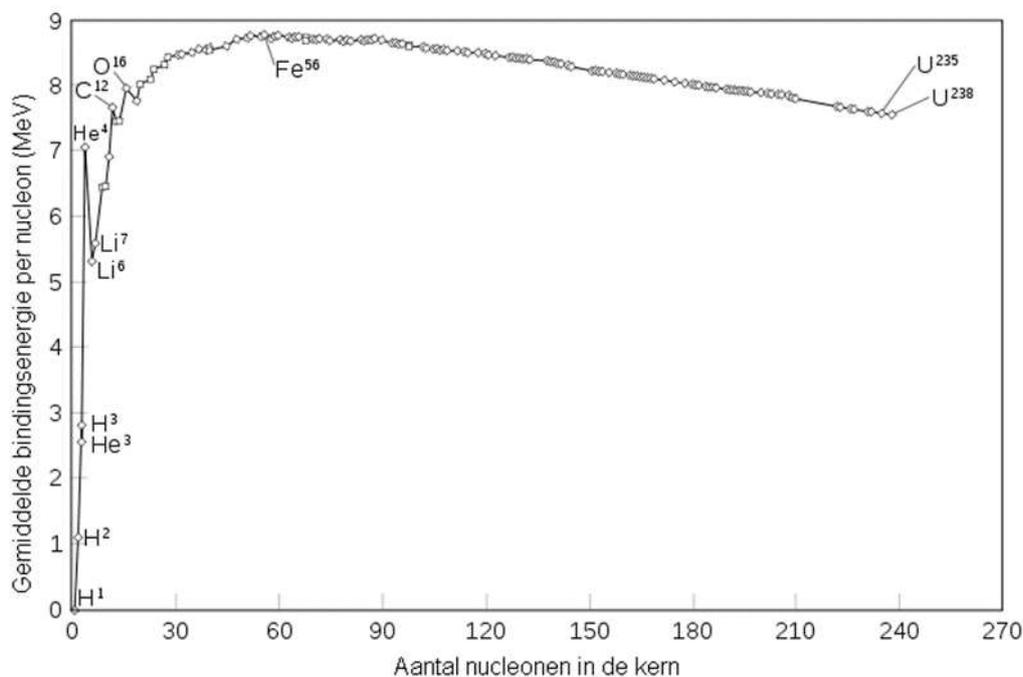


Figure 3-2 Énergie de liaison moyenne d'un nucléon en fonction du nombre total de nucléons

L'énergie de liaison par nucléon est l'énergie qu'on doit ajouter au noyau pour en libérer un nucléon. Le graphique ci-dessus met deux éléments en évidence. On remarque que l'énergie de liaison pour les numéros de masse faibles est plus faible que pour les numéros élevés. Une tendance qui se poursuit jusqu'à Fe-56. Au-delà de Fe-56, l'énergie par nucléon diminue. Ce phénomène est à la base à la fois de la fusion et de la fission nucléaires. Lors de la fission nucléaire, les éléments lourds sont divisés en plusieurs noyaux plus légers. La différence d'énergie est alors libérée et utilisée pour la production d'électricité. Lors de la fusion nucléaire, l'objectif est de lier deux éléments légers pour former un élément plus lourd.

Tous les réacteurs nucléaires actuellement exploités à des fins commerciales utilisent le principe de fission nucléaire.

3.2.2.3 La fission nucléaire en pratique

Les centrales nucléaires belges utilisent l'U-235 comme combustible pour la fission nucléaire. Comme le montre le schéma à la Figure 3-3, on peut voir que l'U-235 bombardé par un neutron entraîne la formation d'U-236. L'U-236 est instable et se scinde en deux noyaux différents et un certain nombre (2 à 3) de neutrons libres, libérant ainsi de l'énergie. Ce processus est utilisé dans les centrales nucléaires.

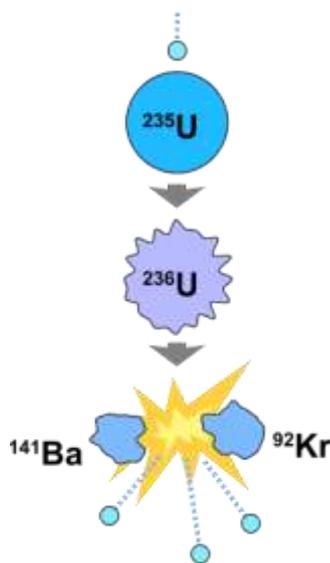


Figure 3-3 Fission d'U-235

Les neutrons libérés sont utilisés après modération pour fissionner un nouvel U-235, afin d'obtenir une réaction en chaîne. La fission crée cependant plus de neutrons qu'elle n'en consomme. Pour maintenir la réaction en chaîne sous contrôle, les neutrons en excès sont capturés avec des matériaux tels que le cadmium (généralement dans les barres de commande) et le bore (généralement dissous dans l'eau).

3.2.2.4 Radioactivité

Les paragraphes précédents expliquent ce qu'est un atome et un nucléon. Un autre aspect important pour comprendre ce qu'il se passe dans une centrale nucléaire est de savoir ce qu'est la radioactivité. On distingue trois grands types de radioactivité : le rayonnement alpha (α), le rayonnement bêta (β) et le rayonnement gamma (γ). La radioactivité repose sur le fait que le rapport entre le nombre de neutrons et de protons n'est pas équilibré : la puissante force nucléaire, qui tente de maintenir le noyau ensemble,

n'est pas en mesure de contenir la force électromagnétique, qui tente de désintégrer le noyau. En conséquence, le noyau cherchera à améliorer cet équilibre. Les trois mécanismes les plus courants dans ce contexte sont décrits ci-dessous (Figure 3-4).

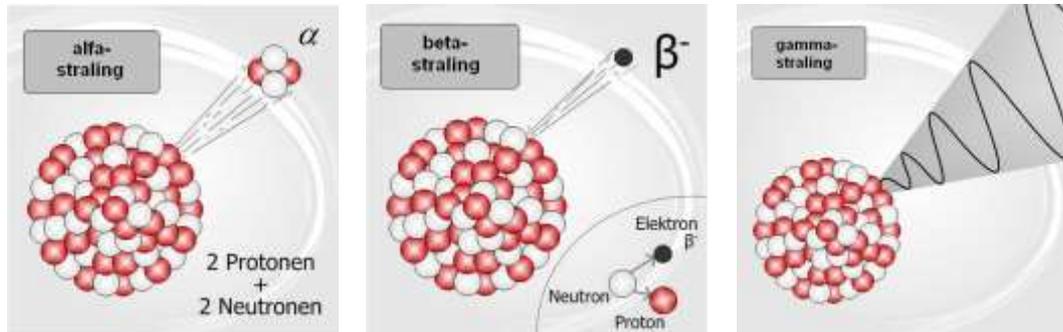


Figure 3-4 Représentation graphique des rayonnements alpha, bêta et gamma

Dans le cas du rayonnement alpha, un noyau d'hélium (2 protons et 2 neutrons) est éjecté pour se décomposer en un noyau plus stable. Dans le cas du rayonnement bêta, un électron est éjecté pour convertir un neutron en proton. Dans le cas du rayonnement gamma, les neutrons et les protons mêmes évoluent vers un état plus stable en émettant un photon riche en énergie, mais le noyau ne change pas de forme.

La radioactivité est un phénomène naturel. La plupart des atomes sont stables (sans action extérieure, ils continueront à exister pour toujours). D'autres atomes ont une structure ou un excès d'énergie qui les rend instables. Ce sont les radionucléides, qui peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Leur noyau se transforme spontanément jusqu'à trouver une structure équilibrée. Chaque transformation libère des rayonnements (photons ou particules) radioactifs. Ce phénomène invisible est irréversible : après une ou plusieurs transformations, le radionucléide se stabilise une fois pour toutes en un nucléide stable.

L'unité de mesure de la radioactivité est le becquerel (Bq).

3.2.2.5 Désintégration radioactive

La désintégration radioactive, qui émet des rayonnements ionisants, est un phénomène naturel. Le sol, par exemple, contient des radionucléides tels que le potassium-40 ou l'uranium-238 (également notés ^{40}K et ^{238}U), qui sont tous les deux des radionucléides dits primordiaux. Les radionucléides primordiaux se sont formés lors de la formation de la terre, il y a environ 4,5 milliards d'années, et existent encore aujourd'hui. Dans les couches supérieures de l'atmosphère, l'interaction du rayonnement cosmique à haute énergie (provenant par exemple du soleil) entraîne des réactions nucléaires au cours desquelles des radionucléides à durée de vie relativement courte (par rapport à la durée de vie de la terre, <10 000 ans) tels que le tritium (^3H) et le carbone-14 (^{14}C) sont constamment formés.

Tous ces radionucléides sont instables et finissent par se désintégrer en un produit plus stable. C'est ce qu'on appelle la « désintégration radioactive ». La probabilité de désintégration dépend de la demi-vie, qui est propre à chaque radionucléide. La demi-vie du ^{40}K est ainsi de 1,25 milliard d'années, tandis que celle du ^3H est de 12,3 ans. Cela signifie que 50 % du ^{40}K se désintègre en 1,25 milliard d'années et qu'après 2,50 milliards d'années, il ne reste que 25 % du ^{40}K original. En raison de sa longue demi-vie, le ^{40}K est encore naturellement présent depuis la création de la terre (il y a environ 4,5 milliards d'années).

3.2.2.6 Rayonnement

La désintégration de radionucléides libère (généralement) une grande quantité d'énergie. Le rayonnement est alors capable de modifier les atomes de la matière qu'il pénètre, en leur faisant absorber de l'énergie et donc perdre une unité de charge électrique, les transformant en ions. En d'autres termes, le rayonnement est ionisant (rayonnement ionisant).

Comme mentionné ci-dessus, il existe plusieurs types de rayonnement ionisant : le rayonnement de particules et le rayonnement (gamma) électromagnétique. Le rayonnement de particules émet généralement un électron (bêta ou β) ou un noyau d'hélium-4 (alpha ou α). Étant donné que les particules émises ont une charge élevée, elles subissent une interaction forte avec la matière. Par conséquent, la distance que les particules peuvent parcourir, appelée « parcours », est relativement limitée. Le rayonnement alpha a un parcours beaucoup plus court que le rayonnement bêta, mais en raison de la forte interaction, les particules alpha provoquent une ionisation importante, avec des dommages potentiels à la clé. Le rayonnement électromagnétique (photons) n'a ni charge ni masse et peut donc parcourir des distances beaucoup plus grandes (Figure 3-5). La densité d'ionisation est cependant beaucoup plus faible que celle du rayonnement bêta et surtout alpha. Le rayonnement électromagnétique à haute énergie résultant de la désintégration radioactive est généralement appelé « rayonnement gamma » (rayonnement γ).

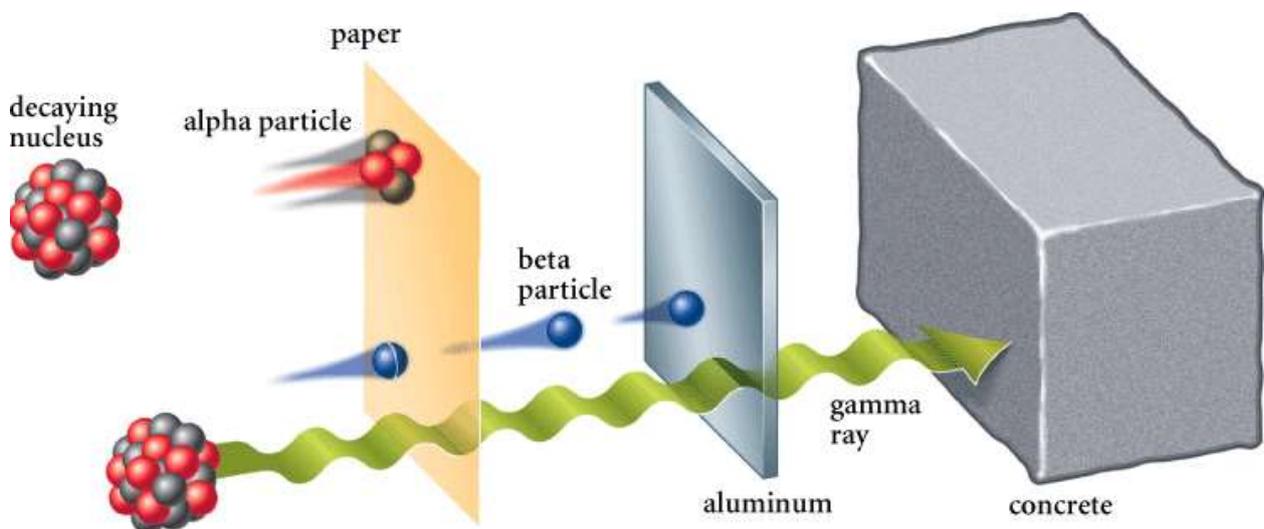


Figure 3-5 Parcours des rayonnements alpha, bêta et gamma

L'ionisation des atomes par interaction avec le rayonnement ionisant fait perdre un électron à un atome, qui devient ainsi chargé positivement, et donc chimiquement réactif. Les ionisations induites sont généralement exprimées dans l'unité d'énergie par masse (joule par kilogramme, J/kg). En radioprotection, l'unité Gray (Gy) est souvent utilisée, 1 Gy étant égal à 1 J/kg.

3.2.2.7 Impact de l'exposition au rayonnement

Les atomes ionisés peuvent provoquer des lésions et avoir des effets biologiques néfastes sur les cellules humaines. L'effet biologique du rayonnement ionisant varie en fonction de la nature et de l'énergie des rayonnements, de la durée de l'exposition et de la partie du corps exposée. L'énergie du rayonnement et la durée de l'exposition représentent ensemble la dose de rayonnement. Une même quantité de

rayonnement peut être reçue par une courte exposition à un rayonnement à haute énergie ou par une longue exposition à un rayonnement à basse énergie. L'effet biologique du rayonnement dépend non seulement de la quantité de rayonnement énergétique, mais aussi du type de tissu. Les tissus constitués de cellules à division rapide sont plus sensibles au rayonnement que les tissus constitués de cellules à division plus lente.

Afin d'exprimer les dommages au tissu, cette dose est souvent convertie en dose efficace en multipliant l'énergie absorbée (en Gy ou en J/kg) par un facteur de pondération radiologique (20 pour le rayonnement alpha, 1 pour le rayonnement bêta/gamma) et un facteur de pondération tissulaire. Le facteur de pondération radiologique est utilisé pour indiquer dans quelle mesure le rayonnement interagit avec le tissu humain. Comme mentionné précédemment, le rayonnement alpha a une charge élevée, et donc une interaction importante. Il en résulte une forte ionisation dans le tissu affecté, avec des dommages potentiels. Les rayonnements bêta et gamma, en revanche, ont une plus faible interaction. Le rayonnement alpha a donc un facteur de pondération radiologique plus élevé que les rayonnements bêta et gamma. Le facteur de pondération tissulaire indique la sensibilité des tissus à l'ionisation.

La dose efficace est exprimée en sievert (Sv). Comme cette dose est souvent très faible, on utilise généralement le millisievert (1 mSv = 0,001 Sv) ou le microsievert (1 μ Sv = 0,001 mSv = 0,000 001 Sv).

L'exposition au rayonnement ionisant est susceptible d'endommager l'ADN et ces dommages se produisent en continu. Dans presque tous les cas, le corps humain est capable de réparer ces dommages sans conséquence. Dans certains cas, la fonction de réparation n'est toutefois pas suffisante, ce qui entraîne généralement la mort de la cellule. La mort d'une seule cellule n'est pas problématique et relève d'un phénomène naturel. Cependant, si le corps est exposé à une très forte dose de rayonnement (plusieurs centaines de millisieverts), la mort cellulaire peut entraîner de graves dommages tels que la stérilisation (temporaire), la cataracte et des brûlures. Ces effets sont considérés comme des effets déterministes et sont très rares.

Bien que la plupart des dommages soient réparés sans difficulté par le corps ou finissent par disparaître, un dommage peut entraîner une croissance incontrôlée de la cellule endommagée et ainsi causer un carcinome. Cet effet est dit « stochastique ». Un autre type d'effet stochastique réside dans les anomalies génétiques pour la descendance. La probabilité d'effets stochastiques dus au rayonnement augmente à mesure que la dose de rayonnement augmente. Sur la base de données statistiques, la Commission internationale de protection radiologique (ICRP) a mené des recherches pour déterminer la probabilité de cancer et d'anomalie génétique à la suite d'une exposition au rayonnement ionisant. Le Tableau 3-1 présente une estimation des effets stochastiques dus à l'exposition au rayonnement ionisant en pourcentage par Sv. Ces chiffres ne sont toutefois valables que pour des doses plus élevées, bien supérieures à la dose de fond. Les valeurs pour les travailleurs et la population diffèrent légèrement, car les enfants présentent un risque d'effets accru et ne sont donc pas autorisés à travailler avec des rayonnements ionisants.

Tableau 3-1 Probabilité d'effets stochastiques à faibles doses et débits de dose [ICRP, 2007]

	Cancer	Anomalies héréditaires	Total des dommages
Travailleurs	4,1 %/Sv	0,1 %/Sv	4,2 %/Sv
Population	5,5 %/Sv	0,2 %/Sv	5,7 %/Sv

3.2.2.8 Modes d'exposition

L'homme est exposé à différents types de radioactivité tout au long de sa vie.

- La radioactivité naturelle provient du cosmos (rayonnements cosmiques) et est également présente dans la croûte terrestre (rayonnements telluriques), dans les eaux souterraines, dans les océans et même dans notre corps.
- La radioactivité artificielle, qui s'accompagne ou non de rejets radioactifs dans l'environnement, très faibles lors de l'exploitation normale, est générée par des activités humaines telles que l'exploitation de réacteurs nucléaires pour la production d'électricité, la médecine nucléaire, les techniques d'imagerie médicale et la stérilisation de matériel chirurgical ou de certains aliments.

La dose moyenne par habitant en Belgique est d'environ 3,98 mSv par an. Plus de 61 % de cette dose est la conséquence du rayonnement naturel (Figure 3-6). Le rayonnement artificiel est presque entièrement dû aux applications médicales. La dose naturelle dépend toutefois fortement du lieu. Le rayonnement de fond naturel est ainsi plus élevé en Wallonie qu'en Flandre en raison de la composition différente du sol.

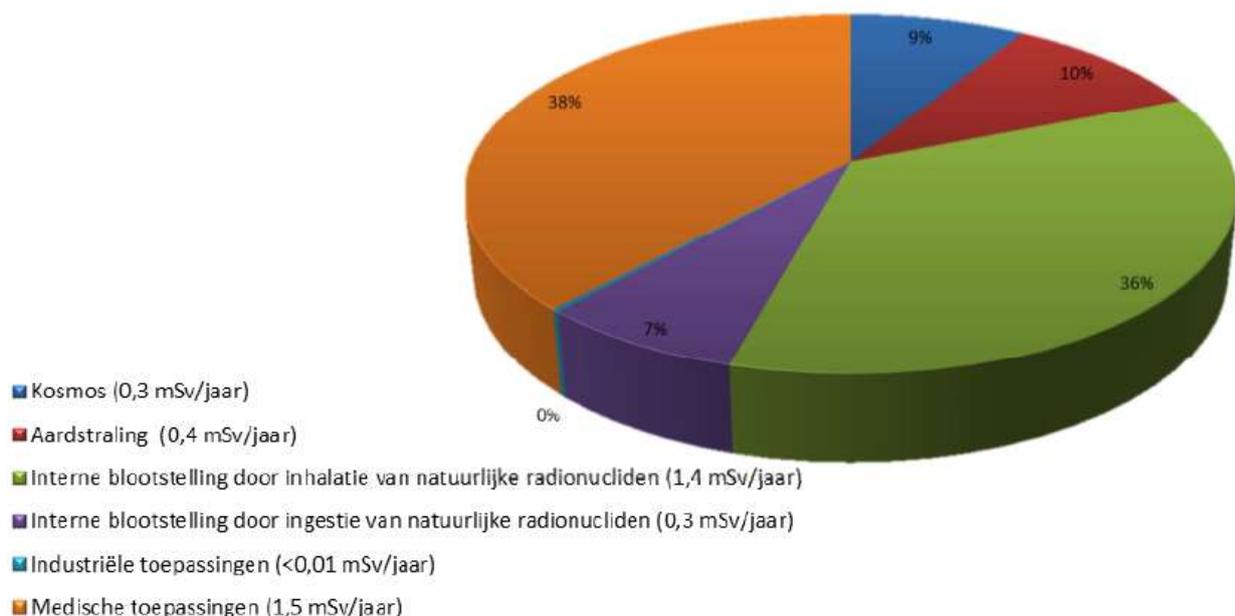


Figure 3-6 Dose annuelle moyenne pour un membre de la population belge [AFCN, 2018]

L'exposition peut se produire via une exposition interne ou externe, cf. aussi les figures suivantes (Figure 3-7) [AFCN, 2014].

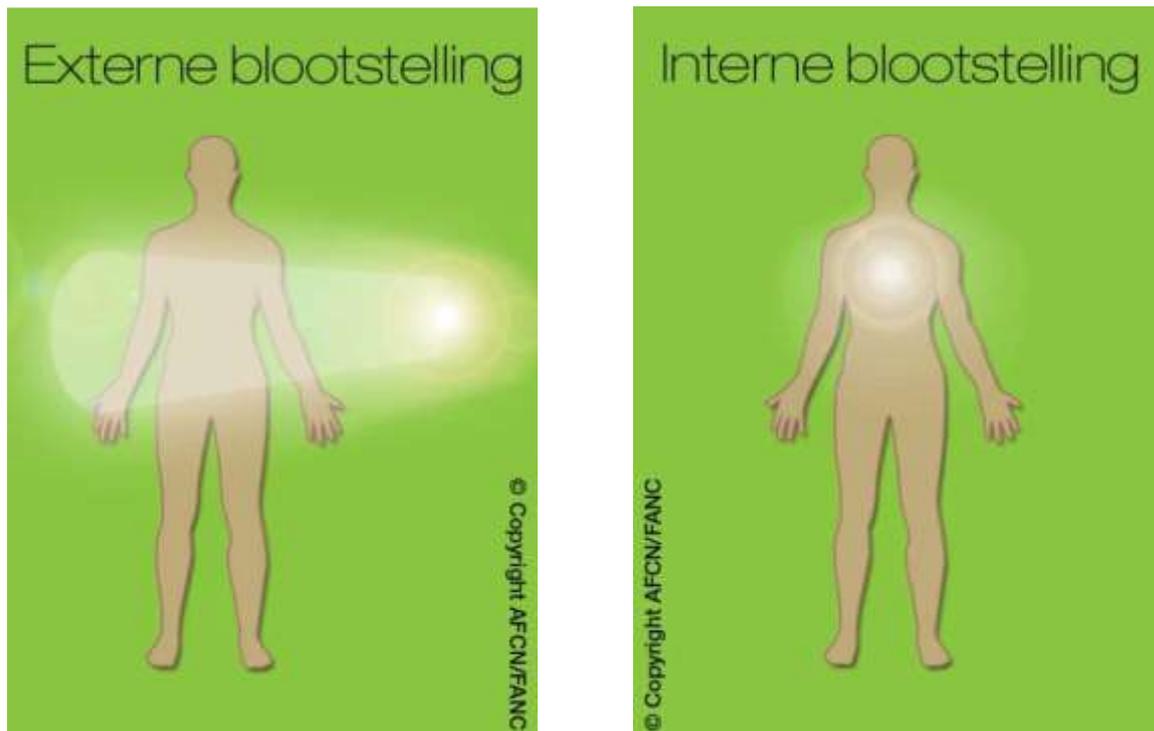


Figure 3-7 Exposition interne (gauche) et externe (droite) au rayonnement ionisant [AFCN, 2014]

L'exposition externe implique l'exposition à un rayonnement ionisant dont la source est extérieure à l'organisme (p. ex. un diagnostic médical par rayons X). Dans le cas de l'exposition interne, la source du rayonnement ionisant se situe à l'intérieur de l'organisme (p. ex. un diagnostic médical impliquant l'injection d'isotopes radioactifs dans l'organisme du patient) [AFCN, 2014].

3.2.2.9 Exposition au rayonnement émanant d'une centrale nucléaire

Les établissements nucléaires de classe 1, comme la centrale nucléaire de Doel, possèdent une autorisation de rejets radioactifs. Cette autorisation comprend des limites de rejet auxquelles l'établissement doit se conformer. Ces limites de rejet sont fixées au niveau raisonnable le plus bas (ALARA- *As Low As Reasonably Achievable*). Le caractère « raisonnable » est évalué pour chaque situation, en tenant compte de facteurs techniques (meilleures techniques disponibles, meilleures pratiques internationales, etc.), économiques et sociaux. Dans tous les cas, les limites de rejet autorisées sont compatibles avec les limites légales fixées dans l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants [RGPRI]. Les limites de rejet autorisées sont si faibles qu'elles ne peuvent représenter qu'une fraction de la limite réglementaire pour la population locale la plus exposée. L'autorisation définit la nature des substances radioactives qui peuvent être rejetées (composition radiologique des rejets et modalités de rejet (concentration radioactive maximale et moyenne des rejets, quantité maximale de radioactivité émise pendant une durée donnée, etc.)) [AFCN, 2014].

Les exploitants sont tenus de respecter les limites de rejet radioactif. Lors des rejets, des contrôles sont effectués en permanence et en temps réel pour déterminer si les modalités de rejet (concentration maximale et moyenne des rejets, quantité maximale de radioactivité émise, etc.) sont respectées. À cette fin, un équipement de mesure radiologique a été mis en place sur chaque conduite pour les rejets liquides et sur chaque cheminée pour les rejets gazeux, cf. Figure 3-8 [AFCN, 2014].

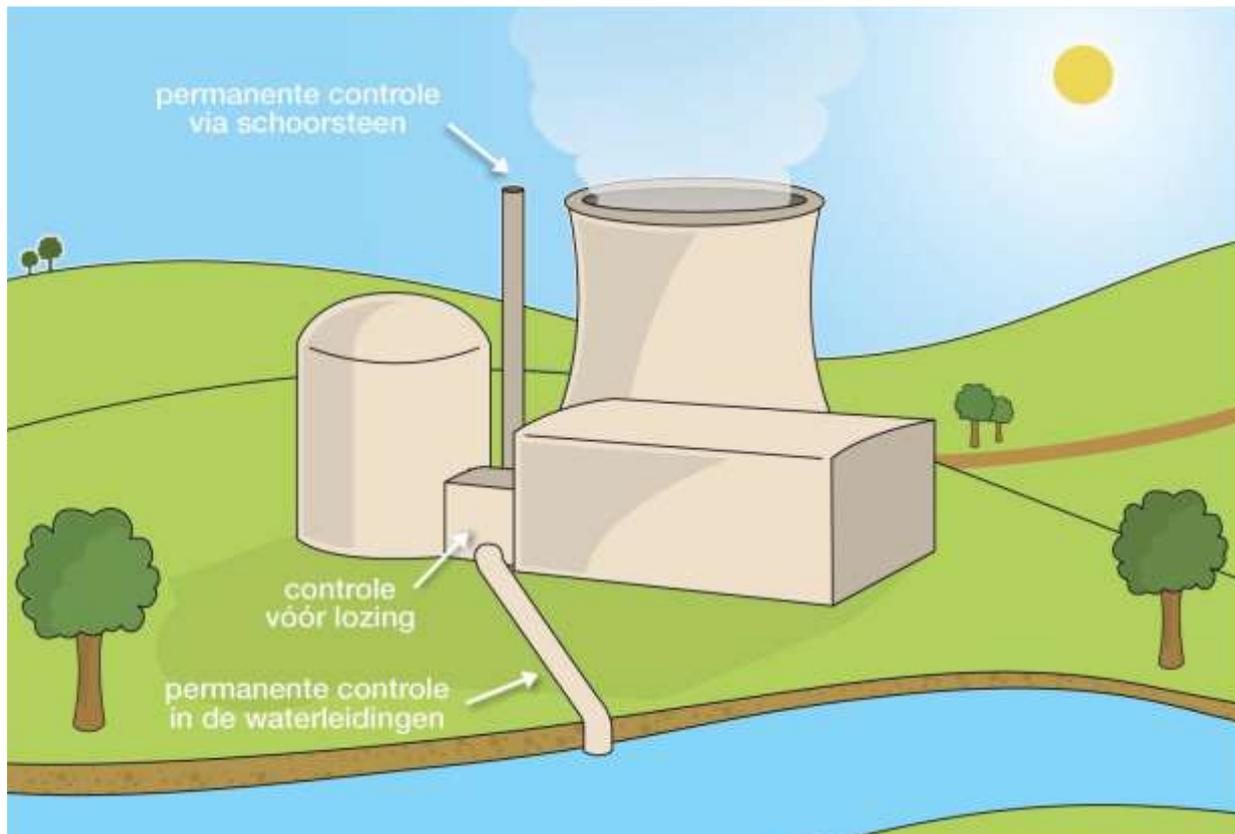


Figure 3-8 Aperçu schématique des contrôles de rejet par les exploitants

Cet équipement mesure l'activité des rejets en continu et les résultats sont directement envoyés aux postes de contrôle, où le personnel assure la surveillance des rejets. Si une anomalie est constatée dans un des paramètres contrôlés, le rejet est alors automatiquement interrompu.

L'exploitant est tenu d'enregistrer les quantités réelles de matière radioactive rejetée. Cet enregistrement est transmis tous les mois à l'AFCN.

La population qui vit ou séjourne dans l'environnement d'une installation nucléaire peut être exposée à des substances radioactives qui proviennent des rejets de l'installation. L'exposition de la population au rayonnement ionisant dans le domaine d'influence d'une centrale nucléaire dépend des facteurs suivants [AFCN, 2014] :

- la situation géographique du lieu de résidence, à savoir sa distance par rapport à la centrale et son emplacement par rapport aux directions du vent les plus courantes ;
- les habitudes alimentaires, à savoir la consommation de produits agricoles locaux, de produits du jardin ou de récoltes propres et de produits de la pêche et de la chasse ;
- l'utilisation d'eau, notamment à des fins domestiques et pour l'irrigation.

Les modes d'exposition du public à la radioactivité résultant des rejets liquides et gazeux sont présentés à la figure suivante (Figure 3-9) [AFCN, 2014].

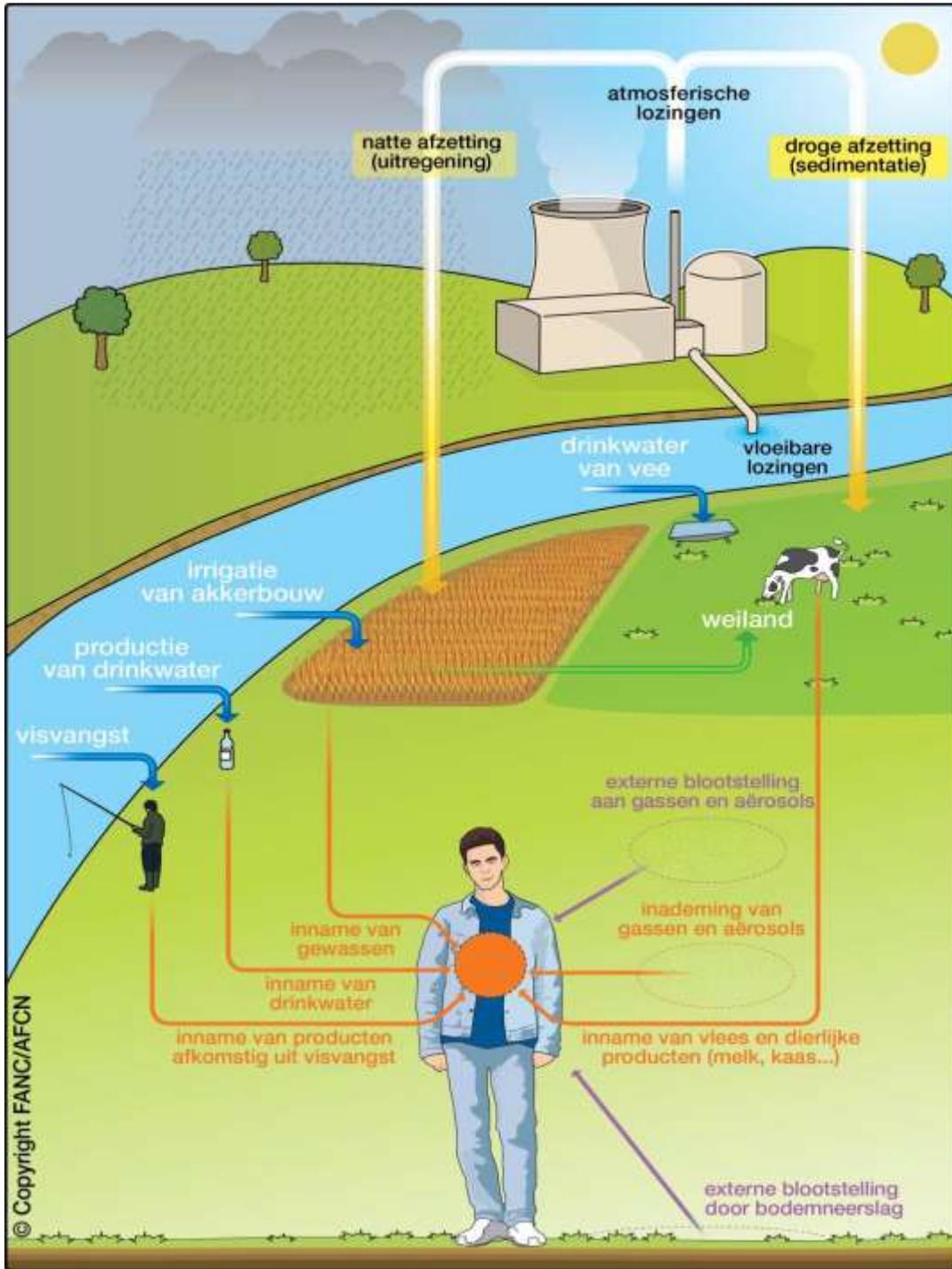


Figure 3-9

Modes d'exposition du public à la radioactivité résultant des rejets liquides et gazeux

Les principaux modes d'exposition de la population à proximité d'une centrale nucléaire sont présentés ci-dessous.

- Rayonnement direct
- Rejets liquides
 - Exposition interne
 - Utilisation de l'eau dans laquelle les rejets liquides se retrouvent pour :
 - la production d'eau potable ;
 - la consommation de plantes et d'animaux aquatiques.
 - Irrigation des produits végétaux pour :
 - la consommation humaine (fruits, légumes, céréales...);
 - la consommation animale (alimentation du bétail).
 - Exposition externe
 - Natation
 - Sports nautiques
 - Transports maritimes professionnels
 - Repos sur les rives et boues de dragage
- Rejets gazeux
 - Exposition interne
 - Inhalation de gaz et aérosols
 - Consommation de fruits, légumes et céréales contaminés par les dépôts de radionucléides
 - Consommation d'aliments locaux (lait, viande, œufs) provenant du bétail qui a ingéré des aliments contaminés
 - Exposition externe
 - Exposition aux gaz et aérosols
 - Exposition aux dépôts sur la surface du sol

L'exposition et la sensibilité des individus au rayonnement ionisant dépendent, par ailleurs, de leur âge. Le RGPRI définit six catégories d'âge.

- Bébé de moins de 1 an
- Enfants âgés de 1 à 2 ans
- Enfants âgés de 2 à 7 ans
- Enfants âgés de 7 à 12 ans
- Enfants âgés de 12 à 17 ans
- Adultes de plus de 17 ans

3.2.2.10 Impact radiologique

Des modèles de groupes de référence théoriques ont été établis pour déterminer l'impact radiologique des rejets radioactifs dans l'environnement.

La dose efficace engagée résultant des rejets radioactifs est calculée sur la base des directives accréditées par l'AFCN [NRC, 1977] de la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (US-NRC) et de la méthode de calcul établie par l'AFCN [AFCN, 2013a]. La dispersion des éléments radioactifs est

d'abord déterminée sur la base des modèles météorologiques, après quoi l'absorption de radionucléides est modélisée en fonction de différentes voies, comme indiqué à la Figure 3-8. Les calculs de dose sont établis à partir des données publiées par la Commission internationale de protection radiologique [ICRP 2007].

Les groupes de référence (composés d'individus fictifs) se situent à des distances caractéristiques de la centrale et couvrent différentes catégories d'âge. La localisation du groupe de référence ainsi que l'âge déterminent le mode d'exposition (direction du vent, alimentation, habitudes de vie) et la sensibilité des individus [AFCN, 2014].

Ces modèles tiennent compte d'hypothèses défavorables pour le calcul de l'impact sur le groupe de référence. L'activité totale rejetée au cours d'une année (tant les rejets liquides que les rejets gazeux) est considérée, ainsi que la transmission aux individus exposés. Les calculs se basent sur un « individu critique », c'est-à-dire un individu qui :

- se trouve en permanence à un même endroit où la concentration de radioactivité est la plus élevée ;
- se nourrit majoritairement de produits du jardin où les dépôts sont les plus importants ; et
- se nourrit de produits issus de l'agriculture, de la chasse et de la pêche locales.

La dose ainsi déterminée est la dose (maximale) la plus prudente qu'un membre de la population pourrait recevoir du fait de l'exploitation d'une centrale nucléaire. On réalise de ce fait une surestimation de l'exposition réelle.

3.2.2.11 Limites

Lors de l'exploitation régulière d'une centrale nucléaire, différentes voies peuvent conduire à une exposition au rayonnement ionisant. En vertu du RGPRI [RGPRI], l'exposition maximale est limitée sur la base des normes internationales, qui fixent des limites de dose spécifiques pour le corps entier (D) et plus particulièrement pour les yeux ($D_{\text{œil}}$), la peau (D_{peau}) et les extrémités ($D_{\text{extrémités}}$) comme les mains, les avant-bras et les pieds. Les limites sont déterminées à la fois pour les collaborateurs professionnellement exposés (≥ 18 ans), pour les étudiants exposés travaillant sur un site nucléaire (16-18 ans) et pour les membres de la population et sont conçues de sorte qu'une exposition maximale ne comporte aucun risque inacceptable.

Tableau 3-2 Limites de dose en vertu du RGPRI [RGPRI]

	D [mSv/an]	D_{œil} [mSv/an]	D_{peau} [mSv/an]	D_{extrémités} [mSv/an]
Population	1	15	50	-
Étudiants exposés (16-18 ans)	6	150	150	150
Travailleurs professionnellement exposés	20	150	200	500

En plus des limites de dose fixées par le RGPRI, des limites spécifiques ont été établies pour l'exploitation des différentes unités de la centrale nucléaire de Doel. Ces limites sont données dans les spécifications techniques qui font partie du rapport de sécurité. Les limites spécifiques sont indiquées

dans les paragraphes correspondants. Dans la mesure du possible, l'impact de la prolongation de la durée de vie est évalué à la fois par rapport au RGPRI et par rapport aux spécifications techniques en vigueur.

3.2.2.12 Surveillance radiologique

Pour vérifier les calculs de dose, des échantillons sont prélevés chaque année à proximité de la CND sur l'ordre de l'autorité de surveillance AFCN et d'Electrabel. Les échantillons sont analysés dans des laboratoires spécialisés afin d'évaluer l'impact de la radioactivité sur la flore et la faune à proximité de la CND.

3.2.2.12.1 Surveillance radiologique sur le territoire belge

La surveillance radiologique sur le territoire belge est effectuée de deux manières [AFCN, 2013a] :

- par des mesures périodiques, dans le cadre desquelles des échantillons sont prélevés et analysés ;
- Par des mesures continues par le biais du réseau automatique TELERAD pour la mesure de la radioactivité ambiante locale.

L'AFCN effectue des mesures périodiques de la radioactivité dans l'environnement. Cela permet d'évaluer le niveau de radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement, ainsi que dans la chaîne alimentaire [AFCN, 2013a]. Divers types d'échantillons sont prélevés : eau, sédiment, air, herbe, légumes, lait, poisson, viande, etc. [AFCN, 2014]. Le programme consiste en près de 4 500 prélèvements d'échantillon annuels et 28 000 analyses de la radioactivité alpha, bêta et gamma [AFCN, 2013a].

À ces prélèvements d'échantillon périodiques s'ajoute une surveillance permanente du territoire par l'intermédiaire du réseau TELERAD. Il s'agit d'un réseau automatique de mesure et d'alarme, composé de :

- 192 stations de mesure pour la mesure du rayonnement gamma dans l'environnement (128 sur le territoire et 64 aux limites des sites des centrales nucléaires) ;
- 8 stations pour la mesure du rayonnement gamma dans les cours d'eau ;
- 7 stations pour la mesure des aérosols dans l'air.

Ces stations de mesure sont réparties sur l'ensemble du territoire belge, avec une plus grande densité autour des centrales nucléaires (cf. aussi Figure 3-10) [AFCN, 2014]. La figure montre non seulement les emplacements des stations de mesure TELERAD, mais aussi le niveau de fond moyen sur le territoire belge. En fonction de la composition du sol, des vestiges de la catastrophe de Tchernobyl et des explosions d'armes nucléaires en surface, le niveau de fond en Belgique varie considérablement. La dose de rayonnement résultant du rayonnement direct de l'activité naturelle autour de la CND s'élève à environ 0,70 à 0,75 mSv par an, ce qui correspond à la dose moyenne pour les habitants de Belgique, comme le montre la Figure 3-10 (rayonnement du cosmos et de la terre) [AFCN, 2018].

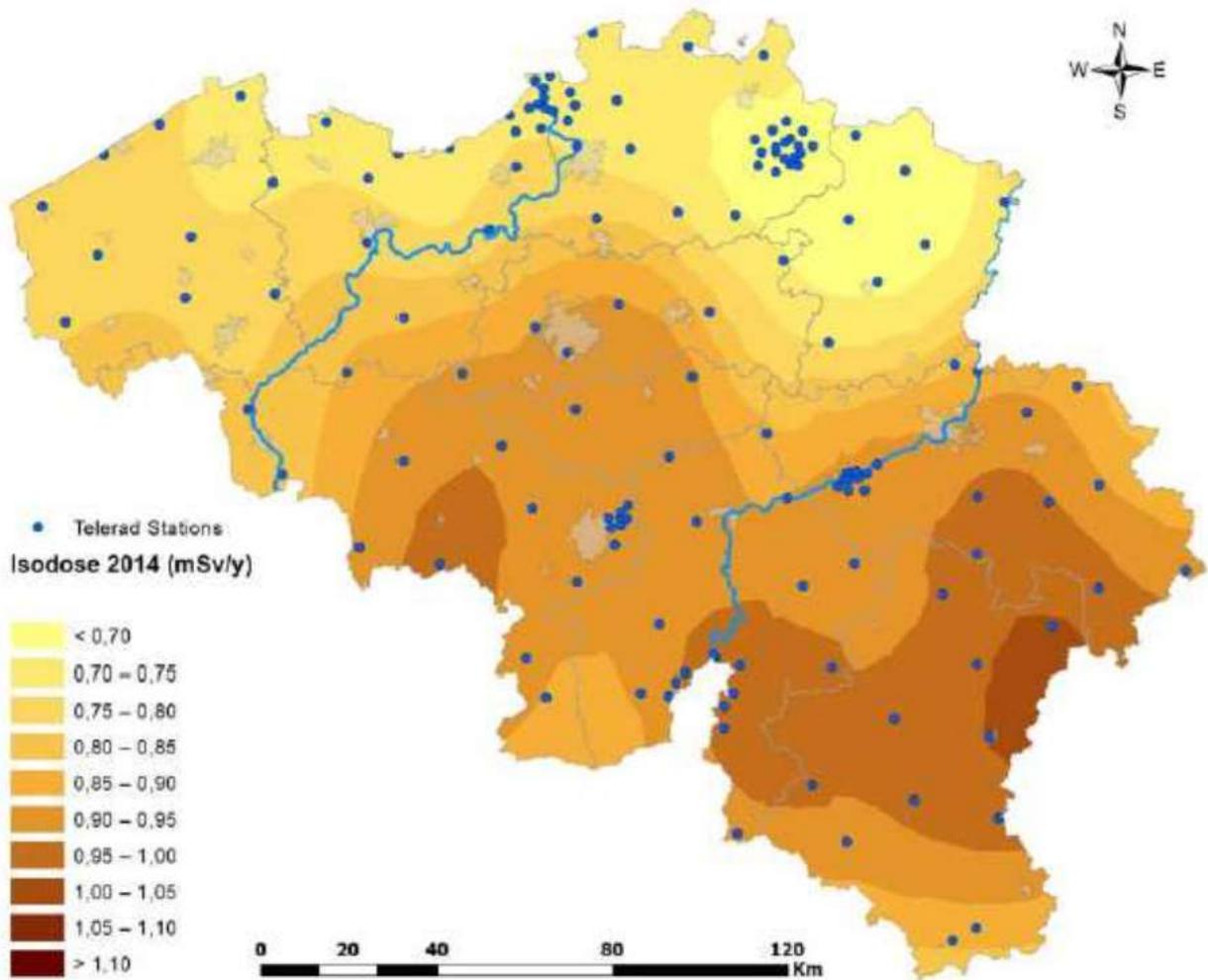


Figure 3-10 Carte de dose sur la base des mesures TELERAD en 2014

Les stations de mesure enregistrent en permanence la radioactivité totale dans l'air, dans les particules atmosphériques et dans l'eau de la Meuse, de la Sambre et de la Molse Nete. Les stations de mesure sont connectées à un système central qui est automatiquement alerté en cas d'augmentation anormale de la radioactivité.

3.2.2.12.2 Surveillance radiologique ciblée

Les rejets gazeux et liquides répandent des substances radioactives dans l'environnement. Les substances qui sont rejetées dans les eaux superficielles seront emportées par le courant et se déposeront partiellement dans les sédiments au fond des eaux superficielles. Les algues et les organismes aquatiques présents dans l'eau peuvent absorber la radioactivité. Une partie des substances radioactives peut se retrouver sur terre, par exemple par le biais de l'irrigation, après quoi elle peut être absorbée par les plantes et les animaux. La radioactivité entre ainsi dans la chaîne alimentaire [AFCN, 2014]. La Figure 3-11 présente les points d'échantillonnage à proximité d'une centrale nucléaire [AFCN, 2014].

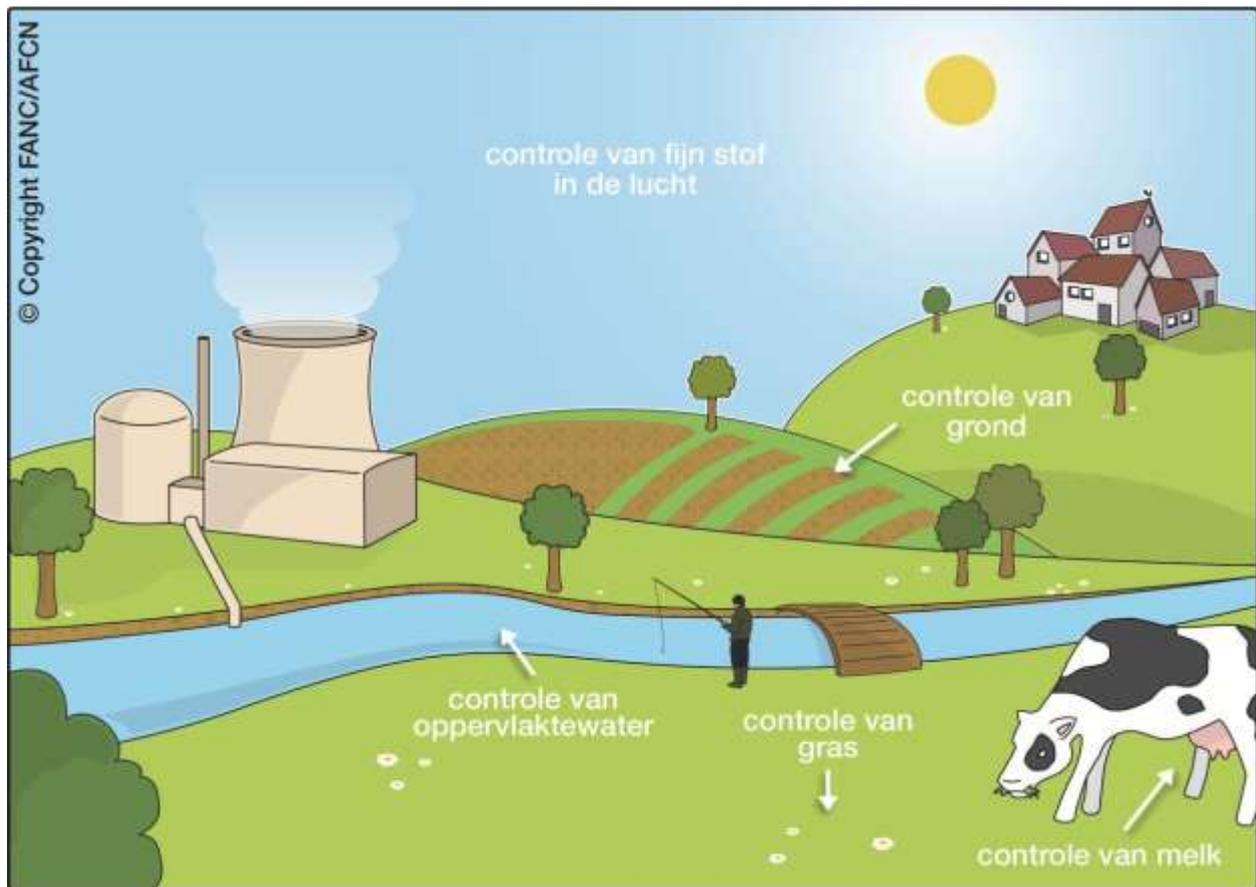


Figure 3-11 Échantillonnage de l'environnement

3.2.2.13 Sécurité nucléaire

Compte tenu des incidences potentielles, des règles strictes ont été fixées pour le travail avec des matières radioactives et des rayonnements ionisants. L'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants [RGPRI] a été établi à cet effet pour le territoire belge. En vertu de cet arrêté, trois principes de base doivent être respectés afin de pouvoir travailler avec des rayonnements ionisants ;

- le principe de justification ;
- le principe d'optimisation ; et
- le respect des limites de dose.

Toutes les activités entraînant une exposition à un rayonnement ionisant doivent être justifiables par les avantages qu'elles procurent. Si une activité (p. ex. la production d'énergie) peut être justifiée, elle doit être réalisée selon le principe du « niveau raisonnable le plus bas » (ALARA, *as low as reasonably achievable*). Outre ces principes d'optimisation, des limites de dose strictes ont également été établies sur la base de normes internationales et européennes, qui doivent être respectées à tout moment, tant pour les collaborateurs professionnellement exposés que pour la population (cf. paragraphe 3.2.2.11).

En raison des risques potentiels des centrales nucléaires, la sécurité de fonctionnement est contrôlée dès la phase de construction. Trois fonctions de sécurités essentielles ont été identifiées et doivent être respectées à tout moment :

- le contrôle de la réactivité ;
- le refroidissement des combustibles ; et
- le confinement des substances radioactives et des combustibles.

La sécurité nucléaire d'une centrale nucléaire est basée sur le concept de défense en profondeur (*defence in depth*). Ce concept est une combinaison de différents niveaux comprenant des dispositions structurelles, techniques et organisationnelles. Pour chaque niveau, des mesures de protection avec des stratégies différentes ont été élaborées afin de garantir la sûreté du réacteur, tant pendant l'exploitation régulière que dans des conditions anormales ou accidentelles. Des mesures ont été mises en œuvre pour prévenir les défaillances dues à des actions humaines et à des causes techniques (prévention) et pour limiter les conséquences éventuelles de ces défaillances (atténuation).

Un exemple de défense en profondeur est le confinement de l'activité. La fission nucléaire de l'uranium entraîne la formation de produits de fission radioactifs. Ces produits de fission sont piégés dans la matrice d'uranium de la barre de combustible, comme représenté schématiquement par la barrière 1 à la Figure 3-12. Pour éviter que les produits de fission se détachent des barres de combustible, les pastilles d'uranium sont enfermées dans un élément combustible (barrière 2). Les éléments combustibles sont ensuite enfermés dans la cuve du réacteur avec un système de refroidissement fermé (barrière 3), à son tour enfermé dans une enveloppe en acier et en béton appelée « *containment* » (barrières 4 et 5).

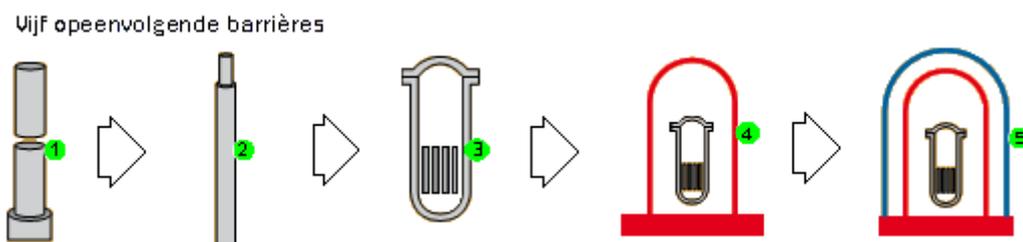


Figure 3-12 Le confinement de la radioactivité dans la centrale nucléaire, basé sur cinq barrières visant à répondre à la fonction de sécurité nucléaire par le biais du concept de défense en profondeur

3.3 Aspects radiologiques environnementaux attendus

Les aspects qui peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement dans la situation du projet et dans l'option zéro sont indiqués ci-dessous.

- Rayonnement direct à la limite du site
- Exposition au rayonnement du personnel professionnellement (ou non) exposé
- Rejets gazeux radioactifs
- Rejets liquides radioactifs

- Déchets radioactifs
- Éléments combustibles usés
- Situations accidentelles

Tous les aspects, à l'exception des situations accidentelles, sont considérés dans le cadre d'une exploitation normale. Les situations accidentelles peuvent avoir un impact important en raison du rayonnement direct et/ou des rejets. Ces aspects sont toutefois inclus en tant que conséquences des situations accidentelles et sont considérés conjointement à la rubrique « Situations accidentelles ».

Ces incidences sont examinées plus en détail aux paragraphes 3.4.1 à 3.4.8.

3.4 Évaluation environnementale

3.4.1 Rayonnement direct à la limite du site

La quasi-totalité de la radioactivité présente sur le site de la centrale nucléaire de Doel (CND) est contenue dans le cœur des réacteurs, dans les éléments combustibles usés, dans les déchets radioactifs et dans les installations où les matières radioactives sont traitées et stockées provisoirement, comme le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB). Les bâtiments des réacteurs (RGB), le bâtiment de conteneurs à combustible (SCG) et le WAB comportent tous un certain nombre de couches de blindage pour absorber la quasi-totalité des rayonnements ionisants émis.

Néanmoins, les différentes installations, ainsi que les travaux sur le site de la CND, peuvent potentiellement entraîner une dose accrue à la limite du site, soit le point le plus proche de la CND où peut se trouver n'importe quel membre de la population. Le rayonnement direct peut être provoqué par :

- le rayonnement résiduel des bâtiments ;
- le transport de matières radioactives entre les bâtiments, par exemple les déchets de la centrale vers le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB) ;
- le transport des combustibles usés d'une unité vers le bâtiment de conteneurs à combustible (SCG).

Le rayonnement direct émis par l'ensemble des sources du site contribue à la dose reçue par les membres de la population ainsi que par les collaborateurs. L'impact de la dose reçue par les collaborateurs sur le site est décrit séparément au paragraphe 3.4.2. La dose efficace engagée pour les membres de la population est constituée de trois éléments :

- le rayonnement direct à la limite du site ;
- la dose engagée résultant des rejets liquides ;
- la dose engagée résultant des rejets atmosphériques.

La dose efficace engagée résultant des rejets liquides (paragraphe 3.4.4) et des rejets atmosphériques (paragraphe 3.4.3) est décrite séparément. La dose efficace engagée pour les membres de la population doit toutefois être en tout temps inférieure à 1 mSv par an, indépendamment de l'origine de la dose

[RGPRI]¹. La dose totale résultant de l'exploitation de la CND est décrite et expliquée dans les conclusions (paragraphe 3.4.8). Le présent paragraphe décrit uniquement l'impact du rayonnement direct résultant de l'exploitation des unités. Cela inclut le transport des matières nucléaires sur le site.

Comme décrit ci-dessus, différentes sources peuvent contribuer à la dose efficace pour les membres de la population. La quasi-totalité de la dose de rayonnement direct provenant de la CND sera constituée de photons γ . La dose résultant d'une exposition au rayonnement direct aura donc une contribution unique. En d'autres termes, dès qu'un individu quitte le champ du rayonnement, il ne reçoit plus aucune dose. La dose engagée, qui indique la dose totale qu'un individu recevra sur une période de 50 ans à la suite d'une exposition/contamination unique, est donc égale à la dose directement reçue. Par conséquent, la dose résultant du rayonnement direct est décrite comme dose, tandis que la dose résultant des rejets est décrite comme dose engagée. Il est dans tous les cas question de dose efficace, ce qui implique de tenir compte du type de rayonnement ionisant qui est à l'origine de la dose (p. ex. rayonnement gamma) et des organes du corps qui sont exposés. Le rayonnement direct suppose une irradiation du corps entier.

Pour une source ponctuelle, on peut supposer que le débit de dose diminue de façon quadratique avec la distance (Figure 3-13), c'est-à-dire qu'un doublement de la distance à la source entraînera une diminution du débit de dose de quatre fois (2^2). Compte tenu de la distance entre les unités (CND-1, CND-2, CND-3 en CND-4) et l'endroit où un membre de la population peut être exposé (la limite du site), les sources susmentionnées peuvent, par souci de simplification, être considérées comme des sources ponctuelles. Bien que le WAB et le SCG soient plus proches de la limite du site, le débit de dose provenant de ces bâtiments diminuera aussi presque de façon quadratique avec la distance.

La dose la plus élevée en dehors du site de la CND résultant du rayonnement direct se trouvera par définition à la limite du site. Pour des raisons de prudence, la dose à la limite du site est utilisée comme valeur de départ. En d'autres termes, la dose décrite dans ce paragraphe considère un individu qui se trouverait à la limite du site tout au long de l'année. La route qui passe sur la digue le long du site n'étant pas accessible au public, personne ne pourra en fait se trouver à la limite du site à hauteur de CND-1 et CND-2, ce qui renforce la prudence de cette évaluation.

¹ Notons que cette limite ne tient pas compte des traitements médicaux justifiés ou de l'exposition au rayonnement naturel.

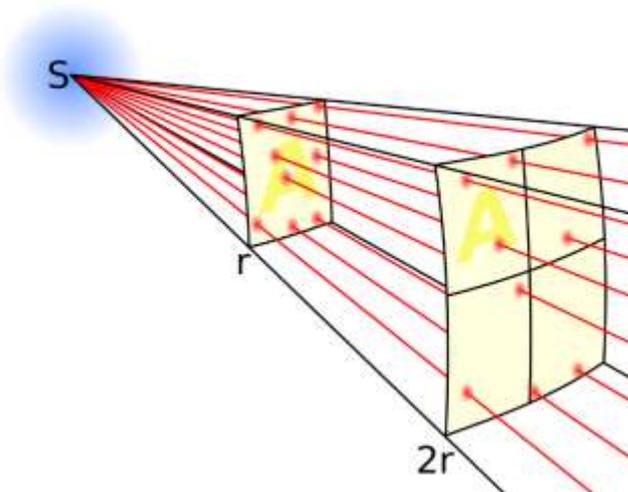


Figure 3-13 Diminution quadratique du champ de rayonnement avec l'augmentation de la distance r à la source (S) [Bos, 2000].

3.4.1.1 Méthodologie

La dose à la limite du site est mesurée à l'aide de 24 dosimètres thermoluminescents (TLD) placés à la limite du site (Figure 3-14). Les TLD sont constitués de petits cristaux où les électrons associés sont excités par interaction avec le rayonnement ionisant. Après le réchauffement des cristaux (jusqu'à plusieurs centaines de degrés Celsius), les atomes excités retrouvent leur état de base et émettent une lumière visible. La quantité de photons lumineux émis est proportionnelle à la dose absorbée dans le cristal et peut donc être utilisée pour déterminer la dose avec grande précision. En raison de ces propriétés, les TLD sont utilisés comme dosimètres officiels pour les collaborateurs professionnellement exposés dans de nombreux pays, y compris en Belgique².

² <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/bescherming-van-de-werknemers/diensten-voor-externe-dosimetrie/types-dosimeter> (consulté le 8 janvier 2020)

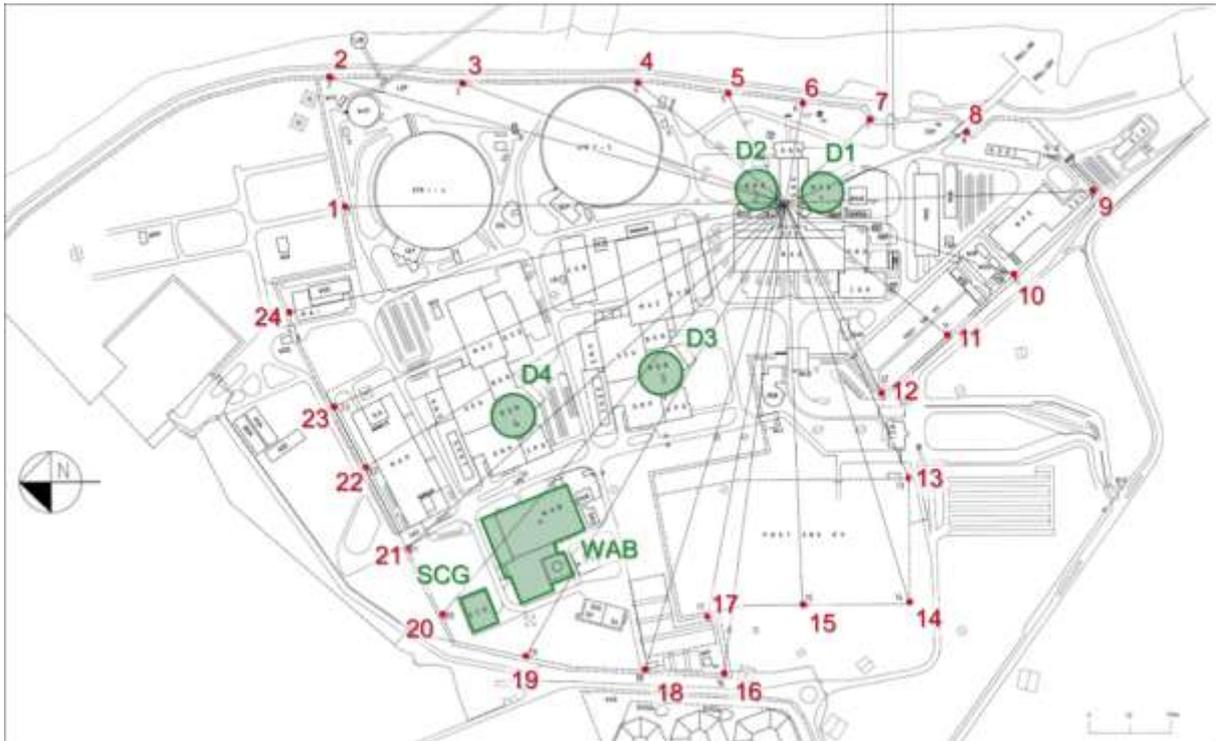


Figure 3-14 Emplacement des stations de mesure TLD à la limite du site de la CND [source : Electrabel, 2015]

Les TLD installés sont remplacés tous les trimestres et analysés par un service agréé. Sur la base de ces résultats, le débit de dose moyen à la limite du site peut être déterminé. Une prévision de l'impact environnemental résultant du rayonnement direct est donnée pour la période 2015-2025 sur la base des résultats annuels rapportés par les TLD et est comparée avec la situation de départ (2012-2014) [Electrabel, 2013] [Electrabel, 2014] [Electrabel, 2015a] [Electrabel, 2016] [Electrabel, 2017] [Electrabel, 2018].

Les TLD sont cependant incapables (comme tous les autres types de dosimètres) de faire la différence entre le rayonnement de fond naturel (e.a. le rayonnement cosmique et le rayonnement des matériaux de construction utilisés dans les bâtiments) et le rayonnement effectivement émis par l'installation.

Le rayonnement de fond naturel varie en fonction de l'endroit : la dose de rayonnement cosmique augmente avec l'altitude, tandis que les radionucléides naturellement présents dans le sol peuvent entraîner une augmentation de la dose provenant du sol. Ce dernier effet en particulier est clairement visible dans les résultats de mesure du réseau TELERAD (cf. paragraphe 3.2.2.12.1), un réseau de 250 stations de mesure géré par l'AFCN et installé en Belgique, tant autour des installations nucléaires que sur l'ensemble du territoire Belge³.

Les données de mesure du réseau TELERAD montrent une nette différence entre le rayonnement de fond naturel dans les Ardennes par rapport à la Flandre.

³ <https://fanc.fgov.be/nl/het-telerad-netwerk> (consulté le 8 janvier 2020)

Sur la base du réseau TELERAD, l’AFCN a conclu que le rayonnement de fond moyen en Belgique s’élève à 1 mSv par an, tandis que le rayonnement de fond moyen en Flandre s’élève à 0,8 à 0,9 mSv par an et que le rayonnement de fond moyen dans le nord du pays s’élève à 0,7 mSv par an [AFCN, 2018]. La présente évaluation se base sur une dose de 0,7 mSv par an, ce qui correspond à la moyenne la plus faible observée et constitue donc l’approche la plus prudente.

À titre d’exemple, la dose moyenne pour les membres de la population belge s’élève à 4,0 mSv par an (Figure 3-6) et la contribution des applications industrielles (e.a. la production d’énergie nucléaire) est de moins de 0,01 mSv (0,25 % de la dose moyenne) par an [AFCN, 2018].

3.4.1.2 Situation de départ

La dose moyenne telle que mesurée par les dosimètres TLD en 2014 à la limite du site est présentée à la Figure 3-15 [Electrabel, 2015a]. La plupart des stations de mesure sont en dessous du niveau de fond moyen pour le nord de la Belgique (0,7 mSv par an), ce qui indique que le niveau de fond autour de la CND est faible. La dose moyenne à la limite du site (0,71 mSv par an) est également conforme à la dose de fond moyenne pour le nord de la Belgique et bien inférieure à la moyenne belge. Cela signifie que la dose moyenne à la limite du site de la CND se situe autour de la dose de fond.

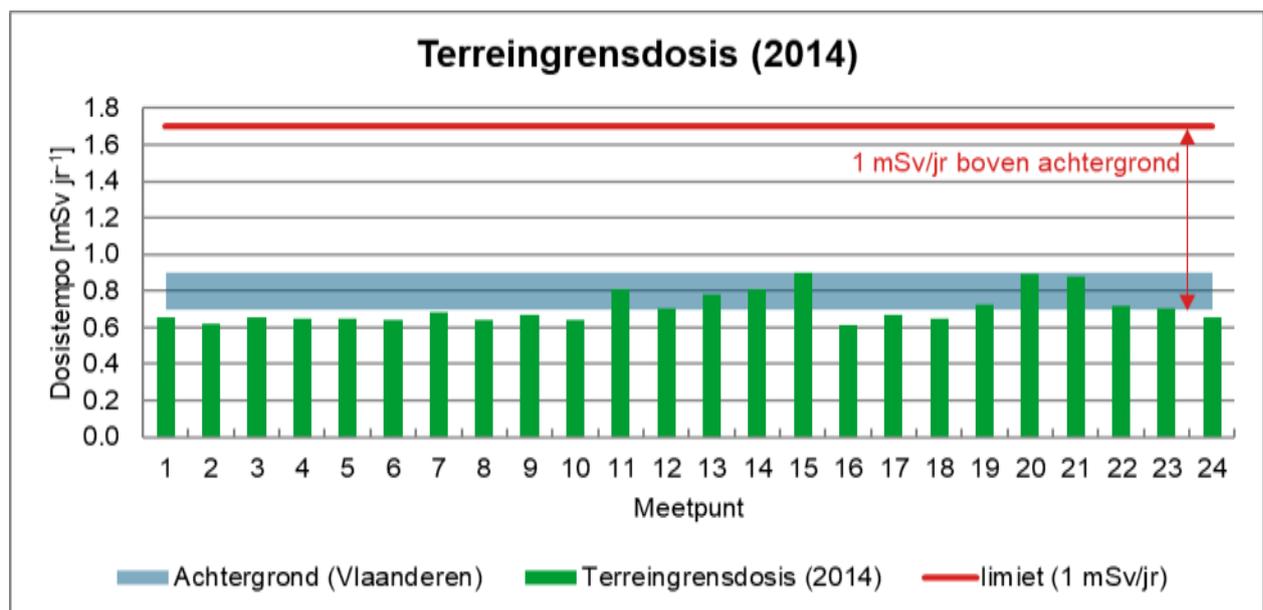


Figure 3-15 Dose mesurée à la limite du site de la CND en 2014 comparée à la dose de fond moyenne autour de la CND telle que rapportée pour le nord de la Belgique (0,7 mSv/an) et pour la Flandre (0,9 mSv/an) [AFCN, 2018]. La limite est définie comme 1 mSv par an, plus la dose moyenne pour le nord de la Belgique (0,7 mSv/an).

En 2014, certains points de mesure montrent cependant une augmentation par rapport à la plupart des points de mesure. Les points 20 et 21, par exemple, affichent une augmentation de la dose jusqu’à 0,89 mSv par an. Ces points sont situés autour des bâtiments de conteneurs à combustible (SCG) et du bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB), ce qui indique que ces installations contribuent à la dose à la limite du site. Cependant, dans l’hypothèse d’un débit de dose de fond de 0,7 mSv (nord de la Belgique) et en considérant qu’un individu se trouve à la limite du site tout au long

de l'année, la dose efficace résultant du rayonnement direct du SCG et/ou du WAB s'élève à 0,19 mSv par an et reste donc bien inférieure à la limite de 1 mSv par an.

Les points de mesure 4 à 8 sont les plus proches de CND-1 et CND-2. Ces points de mesure n'enregistrent aucune augmentation de la dose à la limite du site, ce qui montre que le blindage des centrales est suffisant pour absorber les rayonnements ionisants émis.

Les points de mesure 11 à 15 montrent une augmentation de la dose par rapport à la dose de fond. Ces points sont toutefois relativement éloignés des unités et des autres zones nucléaires, de sorte que l'origine de cette augmentation est jusqu'à présent inconnue. Les recherches radiographiques complémentaires sur les soudures à proximité des pylônes à haute tension et sur le transport des matières radioactives sur le site ne s'étant pas révélées concluantes, il se peut que ces stations de mesure soient situées sur des sols ayant une activité naturelle accrue. Par souci de prudence, on suppose cependant que la dose mesurée à ces points de mesure résulte de l'exploitation de la CND.

La dose mesurée à la limite du site pour la période allant de 2012 à 2014 inclus est présentée au Tableau 3-3 pour l'ensemble du site (CND) [Electrabel, 2013] [Electrabel, 2014] [Electrabel, 2015a]. Ces données montrent que les observations de 2014 sont également valables pour les années précédentes. Les données montrent qu'en dépit d'une légère dispersion, la dose reste relativement constante et proche du niveau de fond moyen pour la Flandre.

Tableau 3-3 Dose mesurée à la limite du site entre 2012 et 2014 pour l'ensemble du site (CND). Les valeurs sont données sans correction de fond.

Point de mesure	2012 [mSv/an]	2013 [mSv/an]	2014 [mSv/an]
1	0,67	0,67	0,66
2	0,62	0,62	0,62
3	0,69	0,70	0,66
4	0,68	0,67	0,65
5	0,64	0,67	0,65
6	0,67	0,67	0,64
7	0,70	0,72	0,68
8	0,63	0,67	0,64
9	0,69	0,70	0,67
10	0,66	0,67	0,64
11	0,83	0,81	0,81
12	0,74	0,73	0,70
13	0,81	0,82	0,78
14	0,87	0,88	0,81
15	0,92	0,88	0,90
16	0,64	0,65	0,61
17	0,72	0,70	0,67
18	0,68	0,69	0,65
19	0,79	0,78	0,73
20	0,89	0,92	0,89

Point de mesure	2012 [mSv/an]	2013 [mSv/an]	2014 [mSv/an]
21	0,86	0,85	0,88
22	0,71	0,71	0,72
23	0,69	0,70	0,70
24	0,66	0,67	0,66

La dose la plus élevée à la limite du site a été mesurée autour des points 15 et 20. La dose enregistrée à ces points est donc considérée comme représentative de l'exploitation de l'ensemble du site. Les points de mesure à proximité immédiate de CND-1 et CND-2 (4-8) ne montrent aucune augmentation par rapport à la dose de fond. On peut ainsi conclure que le blindage des bâtiments de CND-1 et CND-2 est tel que ces unités ne contribuent pas directement à la dose reçue par la population du fait du rayonnement direct à la limite du site.

La dose attribuable à l'exploitation de la CND est définie comme la dose mesurée au point de mesure le plus élevé à la limite du site (points 15 et 20) dans la situation de départ. On obtient ainsi une moyenne de 0,90 mSv par an. Après correction de fond (0,7 mSv par an), la dose résultant de l'exploitation de la CND par rayonnement direct s'élève à 0,2 mSv par an. Les points de mesure à proximité immédiate de CND-1 et CND-2 ne montrent aucune augmentation par rapport à la dose de fond. Étant donné que la dose provenant du SCG résulte de l'exploitation des différentes unités, il n'est pas possible d'attribuer une dose spécifique à l'exploitation des différentes unités.

3.4.1.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles du rayonnement direct sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés.

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct.
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées lors de la période (2012-2014 ; situation de départ) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente⁴.

⁴ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

3.4.1.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Le rapport de synthèse LTO contient le plan d'action intégré [Electrabel, 2015c]. Ces mesures sont mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet. CND-1 et CND-2 sont également exploitées par Electrabel durant cette période.

Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre lors de l'exploitation régulière ou seulement lors d'une révision. Les mesures LTO techniques en particulier ne peuvent être mises en œuvre que lors d'une révision.

Bien que de nombreux travaux soient réalisés dans les zones radiologiques en plus de l'exploitation régulière, le rayonnement direct à la limite du site résultant de CND-1 et CND-2 pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 devrait se maintenir au même niveau que lors de la situation de départ. Cela s'explique par le fait que, comme indiqué précédemment dans ce paragraphe, le blindage des bâtiments est suffisant pour absorber les rayonnements ionisants émis.

Compte tenu du calendrier de cette étude, la dose à la limite du site pendant la période d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est déjà connue. La dose mesurée à la limite du site pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est présentée au Tableau 3-4 pour tous les points de mesure autour du site de la CND [Electrabel, 2016] [Electrabel, 2017] [Electrabel, 2018] [Electrabel, 2019].

Tableau 3-4 Dose mesurée à la limite du site entre 2015 et 2018 pour l'ensemble du site (CND). Les valeurs sont données sans correction de fond.

Point de mesure	2015 [mSv/an]	2016 [mSv/an]	2017 [mSv/an]	2018 [mSv/an]
1	0,65	0,67	0,68	0,70
2	0,62	0,62	0,63	0,64
3	0,67	0,69	0,71	0,67
4	0,65	0,67	0,66	0,65
5	0,67	0,68	0,68	0,67
6	0,65	0,67	0,70	0,72
7	0,70	0,70	0,70	0,81
8	0,64	0,65	0,66	0,64
9	0,67	0,69	0,71	0,68
10	0,67	0,69	0,67	0,68
11	0,85	0,81	0,79	0,80
12	0,78	0,70	0,70	0,69
13	0,80	0,77	0,71	0,71
14	0,80	0,81	0,78	0,77
15	1,01	0,90	0,86	0,82
16	0,62	0,60	0,63	0,62
17	0,67	0,68	0,69	0,68
18	0,66	0,67	0,67	0,67
19	0,78	0,74	0,76	0,78
20	0,95	0,99	0,96	0,97

Point de mesure	2015 [mSv/an]	2016 [mSv/an]	2017 [mSv/an]	2018 [mSv/an]
21	0,83	0,88	0,88	0,88
22	0,71	0,72	0,72	0,68
23	0,70	0,71	0,73	0,71
24	0,64	0,67	0,71	0,68

Le Tableau 3-4 montre que lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, la dose à la limite du site est presque égale à la dose à la limite du site dans la situation de départ (2012-2014). Seul le point de mesure 20, à côté du SCG et du WAB, enregistre une augmentation significative de la dose pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 par rapport à la situation de départ.

Bien qu'aucune source ne puisse être clairement identifiée, l'augmentation est vraisemblablement due aux travaux effectués dans l'ensemble des unités, compte tenu de l'emplacement de ce point de mesure à proximité du SCG et du WAB, vers lesquels sont respectivement transportés les éléments combustibles usés et tous les déchets du site. Des recherches complémentaires ont cependant montré qu'aucun transport supplémentaire n'a eu lieu au cours de la période 2015-2018 par rapport à la situation de départ (2012-2014). L'augmentation de la dose provient donc probablement directement du SCG, où les éléments combustibles usés sont stockés. On peut donc affirmer (de manière extrêmement prudente) que l'augmentation de la dose provenant du SCG résultera de l'exploitation de CND-1 et CND-2 et donc du projet.

Afin de déterminer la contribution (maximale) de ce projet à la dose, la dose moyenne mesurée au point de mesure 20 dans la situation de départ (0,90 mSv par an) a été soustraite de la dose moyenne mesurée au point de mesure 20 lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 (0,97 mSv par an). Comme décrit précédemment, la dose restante de 0,07 mSv par an est, par souci de prudence, supposée être la dose maximale à la limite du site du fait de ce projet. Notons que cette dose est probablement une surestimation de la dose réelle.

En tenant compte de ces hypothèses prudentes, la dose annuelle totale à la limite du site résultant de l'exploitation (0,2 mSv par an, cf. paragraphe 3.4.1.2) et du présent projet (0,07 mSv par an) s'élève à maximum 0,27 mSv par an. La dose reste donc bien en deçà de la limite de dose de 1 mSv par an et est comparable à la dose annuelle à la limite du site lors de la situation de départ (0,2 mSv par an).

La mise en œuvre de la LTO a donc eu un impact très limité sur le rayonnement direct à la limite du site.

3.4.1.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

CND-1 et CND-2 continuent d'être exploitées au cours de la période 2019-2025, appelée « phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) » dans le cadre de ce projet. La dose maximale attendue à la limite du site devrait être similaire à celle de la phase d'exploitation entre 2015 et 2018. La dose attendue à la limite du site de la CND pendant la phase d'exploitation est présentée à la Figure 3-16.

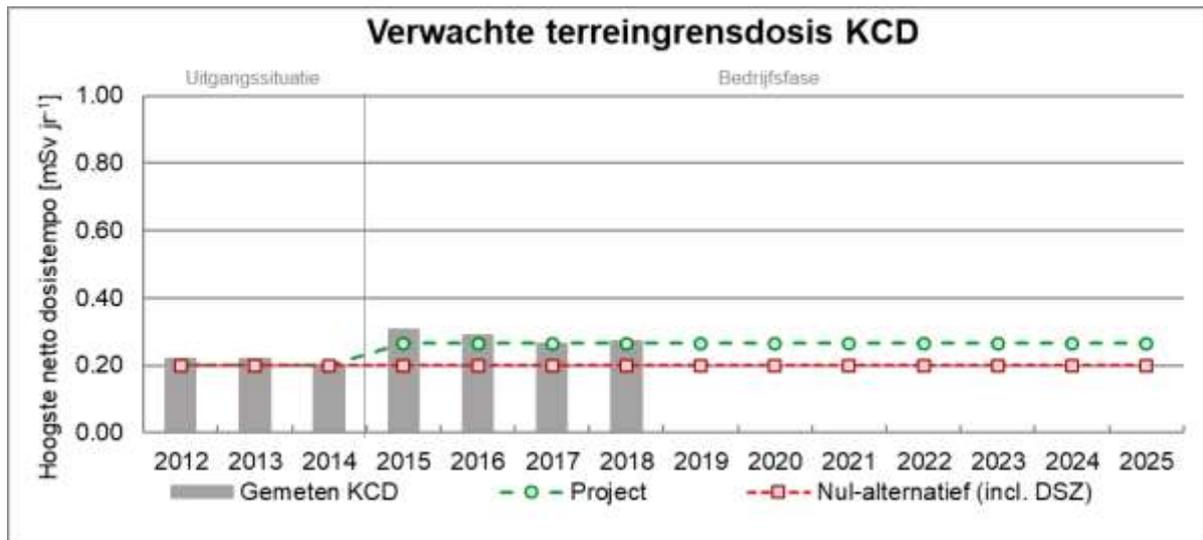


Figure 3-16 Dose attendue à la limite du site de la CND. Les valeurs sont données après correction de fond (0,7 mSv par an). Les barres verticales indiquent les valeurs effectivement mesurées au point de mesure choisi par prudence.

La Figure 3-16 montre que la dose de rayonnement direct augmente légèrement après la situation de départ (2012-2014) en raison de l'approche prudente adoptée lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 et lors de la phase d'exploitation dans la situation future entre 2019 et 2025. Ceci est décrit aux paragraphes 3.4.1.3.1 et 3.4.1.3.2, respectivement.

La dose donnée est une large surestimation de la dose réaliste à laquelle une personne hors site pourrait être exposée. La dose est en effet calculée pour une personne qui se trouverait directement à la limite du site pendant toute la durée du projet. À titre d'exemple, la législation néerlandaise applique des facteurs de correction pour corriger la valeur dans la zone d'affectation afin d'obtenir une dose plus réaliste. Une route de transit dans une zone industrielle devrait ainsi être multipliée par un facteur de 0,01, car les personnes ne s'y trouveront que pendant une (très) courte durée⁵.

La dose totale à laquelle un membre de la population hors CND peut être exposé repose cependant sur trois facteurs : le rayonnement direct et la dose efficace engagée provenant des rejets atmosphériques (paragraphe 3.4.3) et des rejets liquides (paragraphe 3.4.4). L'évaluation des incidences de ces facteurs est décrite aux paragraphes suivants. La dose totale résultant de l'exploitation de la CND est présentée au paragraphe 3.4.8.

La dose annuelle résultant du rayonnement direct, même pour une personne qui se trouverait à la limite du site tout au long de l'année, respecte amplement la limite légale. Sur la base de ces données, on peut conclure que la poursuite de l'exploitation de CND-1 et CND-2, après la mise en œuvre des mesures LTO, n'aura pas d'impact significatif sur l'environnement.

Incidences cumulatives du projet

La dose cumulative qu'une personne recevrait en raison du rayonnement direct résultant de l'exploitation

⁵ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040581/> (consulté le 24 février 2020)

de la CND si elle se trouvait en permanence à la limite du site s'élève à 2,9 mSv (11 années à 0,27 mSv par an). À titre d'exemple, cette dose cumulative est bien inférieure à la dose de fond moyenne pour la Belgique (43,8 mSv) au cours de ce projet, dont 26,9 mSv sont dus au rayonnement naturel et 16,8 mSv sont dus aux applications médicales [AFCN, 2018].

3.4.1.3.3 Option zéro

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 cesseront leurs activités en 2015. La mise à l'arrêt définitif (MAD) sera enclenchée dans la foulée. Dans ce cas, on peut seulement affirmer que l'augmentation de la dose observée à proximité du SCG (0,07 mSv par an) ne se produira pas. Cette augmentation annuelle proviendrait en effet de la production et du stockage supplémentaires d'éléments combustibles usés.

Le fait que CND-1 et CND-2 seront exploitées pendant dix ans de moins dans l'option zéro que dans la situation du projet se traduira par une quantité moindre de combustible dans le SCG. Le débit de dose s'élèvera donc à 0,20 mSv/an dans l'option zéro.

Étant donné qu'aucune décision sur le retraitement ou le stockage définitif des éléments combustibles usés n'a encore été prise en Belgique, et qu'il est peu probable qu'une telle décision soit arrêtée avant 2025, la prolongation de la durée de vie ne mènera pas à une évacuation plus précoce des éléments combustibles provenant du SCG, et donc pas non plus à la réduction de dose correspondante.

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 en CND-2

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 cesseront leurs activités et la mise à l'arrêt définitif (MAD) sera enclenchée. La transition de CND-1 et CND-2 à la MAD n'aura aucune influence directe sur le niveau de rayonnement à la limite du site. Comme décrit précédemment, la contribution à la dose à la limite du site est principalement déterminée par le rayonnement direct provenant du SCG, où sont stockés les éléments combustibles usés.

Pendant la période de mise à l'arrêt définitif (MAD) de CND-1 et CND-2, le rayonnement direct contribuera à la dose efficace à la limite du site. Il n'y aura toutefois pas de différence dans la durée de la phase de MAD après une prolongation de la durée de vie (projet) ou après l'arrêt immédiat (option zéro). Dans la situation du projet, la phase de MAD ne commencera que dix ans plus tard. Par conséquent, la seule différence est que le rayonnement direct résultant de CND-1 et CND-2 tombera à zéro dix ans plus tôt dans l'option zéro par rapport à la situation du projet. La Figure 3-16 montre le rayonnement direct lors la phase de MAD dans l'option zéro.

3.4.1.4 Incidences transfrontalières

Comme décrit précédemment, la quasi-totalité de la dose provenant du rayonnement direct de la CND est constituée de photons γ dont le débit de dose diminue avec la distance. Cela signifie que, par définition, le débit de dose hors site diminue à mesure que la distance par rapport à la limite du site augmente. La frontière la plus proche avec les Pays-Bas se trouve à environ 2,5 km. Le point de mesure 20, qui est le point représentatif de l'ensemble du site (cf. paragraphe 3.4.1.2), se situe à la limite du site en direction de la frontière néerlandaise. Il est probable que le rayonnement provienne principalement du SCG, qui est situé à environ 50 mètres du point de mesure 20. Le débit de dose moyen au point de mesure 20 était d'environ 0,2 mSv par an (avec correction de fond) pour les années 2012-2014. Pour déterminer le débit de dose à une distance donnée, on utilise la loi quadratique :

$$\dot{D}(r_2) = \dot{D}(r_1) \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

où $\dot{D}(r_1)$ est le débit de dose à une distance r_1 de la source et $\dot{D}(r_2)$ est le débit de dose à la distance r_2 . Bien que la loi quadratique ne s'applique qu'aux sources ponctuelles, la source au sein de la CND peut être considérée comme une source ponctuelle compte tenu de la grande distance (2,5 km) par rapport à la mesure effective à la source (quelques dizaines de mètres).

La distance entre la source (SCG) et la frontière néerlandaise (2 500 + 50 m) est environ 51 fois (r_2/r_1) supérieure à la distance entre la source et la limite du site (50 m). Sur la base de ces données, le débit de dose à la frontière néerlandaise est calculé à 0,000078 mSv par an (Tableau 3-5).

Tableau 3-5 Diminution quadratique du débit de dose en direction de la frontière néerlandaise

	SCG
r_1 : distance jusqu'à la limite du site [m]	50
r_2 : distance jusqu'à la frontière néerlandaise [m]	2 550
$\dot{D}(r_1)$: débit de dose à la limite du site [mSv·an ⁻¹]	0,20
$\dot{D}(r_2)$: débit de dose à la frontière néerlandaise [mSv·an ⁻¹]	0,000078

Ce calcul n'inclut pas l'absorption du rayonnement jusqu'à la frontière. La dose de rayonnement réelle résultant du rayonnement direct sera donc encore plus faible.

L'article 9.2.1 du décret néerlandais du 23 octobre 2017 fixant les règles de protection des personnes contre les dangers de l'exposition aux rayonnements ionisants (Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming ; Bbs) stipule que la dose maximale résultant de l'exploitation d'une installation nucléaire pour un membre de la population néerlandaise ne peut excéder 0,1 mSv par an. Il s'agit de la limite de dose néerlandaise pour le rayonnement direct et les rejets liquides et gazeux. Comme décrit dans ce paragraphe, la dose de rayonnement direct à la frontière néerlandaise due au projet est bien inférieure à cette valeur. L'impact de l'ensemble du projet, en ce compris les rejets liquides et gazeux, est décrit au paragraphe 3.4.8.

Étant donné que le débit de dose diminue de façon quadratique à mesure que la distance par rapport à la CND augmente, l'exploitation de la CND n'aura pas non plus d'impact sur les pays plus éloignés (e.a. la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni).

3.4.1.5 Suivi

L'AFCN gère le réseau TELERAD, qui comporte plus de 250 stations de mesure sur le territoire belge. Ces stations enregistrent en permanence le niveau de radioactivité présent dans l'air et dans l'eau.⁶ L'environnement de la CND compte un nombre relativement élevé de stations de mesure (Figure 3-17), qui enregistrent la dose en continu. Toute anomalie dans la dose déclenche immédiatement une alarme

⁶ <https://fanc.fgov.be/nl/het-telerad-netwerk> (consulté le 19 février 2020)

dès qu'un seuil d'alerte est dépassé. Un réseau similaire de stations de mesure est également en place sur le territoire néerlandais (le Nationaal Meetnet Radioactiviteit⁷).

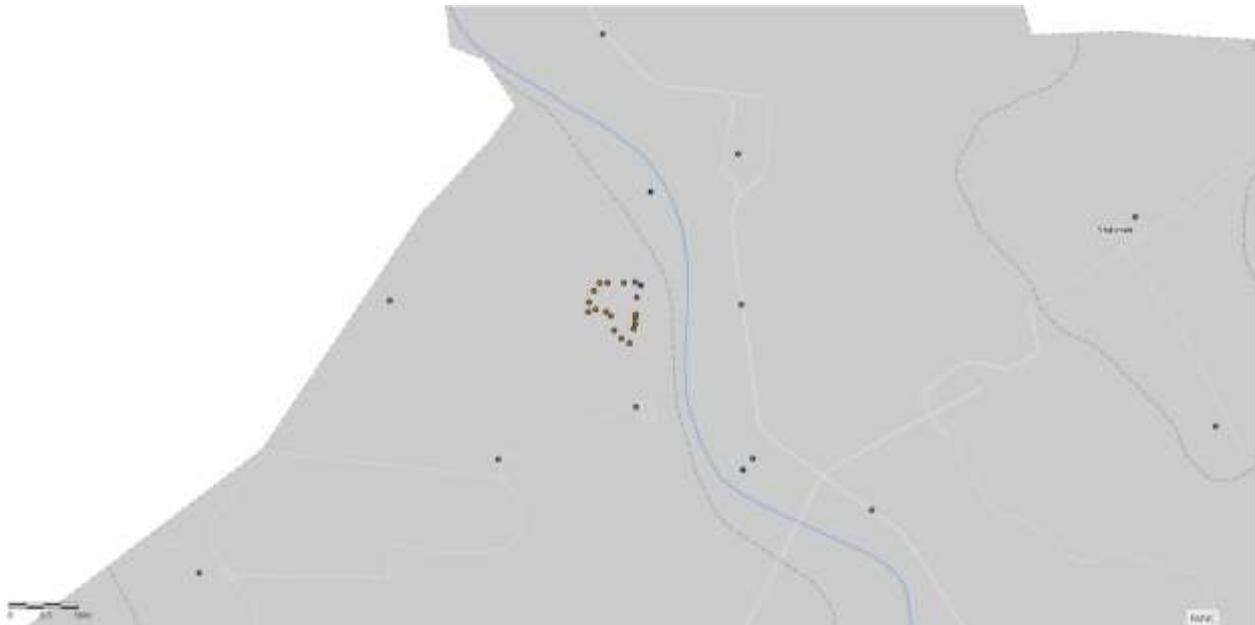


Figure 3-17 Stations de mesure du réseau TELERAD autour de la CND

3.4.1.6 Mesures d'atténuation

Sur la base des données disponibles, le rayonnement direct à la limite du site provenant de la CND n'a pas d'impact significatif sur l'environnement et aucune mesure d'atténuation n'est nécessaire.

3.4.1.7 Lacunes de connaissances

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences du rayonnement direct à la limite du site provenant de la CND dans le cadre du projet. Il convient de noter que les valeurs de mesure de la dose à la limite du site sont de l'ordre du rayonnement de fond. Il n'y a pas non plus d'explication univoque aux valeurs légèrement plus élevées des points de mesure 11 à 15 par rapport aux autres points de mesure autour du site. Ces lacunes de connaissances n'entravent pas le processus décisionnel, car pour des raisons de prudence, les valeurs de mesure les plus élevées à la limite du site sont supposées provenir de CND-1 et/ou CND-2.

3.4.1.8 Conclusions

Du fait du projet, les incidences du rayonnement direct à la limite du site provenant des unités CND-1 et CND-2 se produiront pendant dix années supplémentaires. Bien que la constitution des différentes mesures LTO (2015-2018) aurait pu entraîner une légère augmentation de la dose, celle-ci n'est pas visible dans la mesure de la dose à la limite du site en raison du blindage de CND-1 et CND-2. Toutefois, en raison de l'augmentation de la quantité d'éléments combustibles usés dans le SCG et des hypothèses prudentes dont il est tenu compte, la dose maximale attendue à la limite du site pendant la période du projet sera plus élevée de 0,07 mSv par an par rapport à l'option zéro. Sur cette base, on peut conclure

⁷ <https://www.rivm.nl/nationaal-meetnet-radioactiviteit> (consulté le 19 février 2020)

que ce projet n'aura pas d'impact significatif sur l'environnement en ce qui concerne le rayonnement direct.

L'exploitation de la CND et le projet LTO n'ont pas d'impact significatif mesurable sur le territoire néerlandais, ce qui permet également d'exclure d'autres incidences transfrontalières dues au rayonnement direct.

3.4.2 Exposition des collaborateurs au rayonnement

Près de 2 000 personnes travaillent chaque jour à la centrale nucléaire de Doel. Il s'agit de collaborateurs externes et internes. Une grande partie d'entre eux n'entrent pas en contact avec la radioactivité [Electrabel 2019a].

Certains collaborateurs peuvent toutefois être exposés au rayonnement ionisant dans le cadre de leur travail. S'il existe un risque que la dose efficace des collaborateurs dépasse 1 mSv par an, ceux-ci sont qualifiés de « personnes professionnellement exposées » [RGPRI]⁸. Des travaux ont lieu toute l'année, mais nombre de ces travaux sont principalement effectués pendant les périodes de révision dans les zones radiologiques.

Lors des périodes de révision, un plus grand nombre de collaborateurs travaillent dans et autour des centrales afin d'effectuer des opérations de maintenance et d'inspection. Il s'agit à la fois de collaborateurs de la CND et de collaborateurs externes provenant d'entreprises spécialisées.

Étant donné que l'exposition au rayonnement peut présenter un risque pour la santé, des limites et des exigences légales ont été établies et fixées dans l'arrêté royal RGPRI [RGPRI]. Les collaborateurs qui n'entrent pas en contact avec le rayonnement sont soumis aux mêmes exigences en matière de rayonnement que les membres de la population (e.a. les riverains). La limite de dose efficace pour les membres du public est fixée à 1 millisievert par an [RGPRI, article 20.1.4].

Les collaborateurs professionnellement exposés sont, quant à eux, soumis à des exigences strictes. Ils doivent avoir des connaissances suffisantes en matière de radioprotection et la dose de rayonnement reçue par chaque individu doit faire l'objet d'un suivi. Toutes les personnes professionnellement exposées doivent, par ailleurs, être placées sous la surveillance médicale d'un médecin radiologue agréé. La norme légale maximale autorisée pour les collaborateurs professionnellement exposés est de 20 mSv par 12 mois consécutifs glissants [RGPRI, article 20.1.3]. Electrabel applique elle-même une limite maximale fixée à la moitié de cette limite légale. Chaque collaborateur professionnellement exposé peut recevoir un maximum de 10 mSv par an.

Les Nations Unies disposent d'un comité appelé UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*). Ce comité fournit des connaissances scientifiques en matière de radioprotection et évalue les incidences des rayonnements ionisants au niveau mondial. Dans ce contexte, ce comité a publié une étude qui intègre l'exposition résultant des activités professionnelles [UNSCEAR,

⁸ <https://fanc.fgov.be/nl/beroepshalve-blootgestelde-personen> (consulté en avril 2020)

2000]. Le Tableau 3-6 indique le nombre de collaborateurs professionnellement exposés pour chaque domaine professionnel, ainsi que la dose efficace annuelle moyenne associée [UNSCEAR, 2000]. Il en ressort que les travailleurs exposés à des sources naturelles de rayonnement ionisant, comme le personnel des compagnies aériennes ou les mineurs, reçoivent une dose efficace annuelle moyenne trois fois plus élevée que les collaborateurs exposés à des sources artificielles. Les centrales nucléaires font partie du cycle du combustible nucléaire. Les collaborateurs des centrales nucléaires sont donc inclus dans cette catégorie dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3-6 Dose efficace moyenne par domaine professionnel

Source/domaine professionnel	Nombre de collaborateurs exposés [-]	Dose efficace moyenne [mSv/an]
<i>Sources artificielles</i>		
Cycle du combustible nucléaire (y compris extraction d'uranium)	800 000	1,8
Utilisation industrielle des rayonnements	700 000	0,5
Activités de défense	420 000	0,2
Utilisation médicale des rayonnements	2 320 000	0,3
Enseignement/médecine vétérinaire	360 000	0,1
<i>Total</i>	<i>4 600 000</i>	<i>0,6</i>
<i>Sources naturelles</i>		
Voyages en avion (équipage)	250 000	3,0
Exploitation minière (autre que le charbon)	760 000	2,7
Extraction de charbon	3 910 000	0,7
Traitement des minéraux	300 000	1,0
Lieux de travail en surface (radon)	1 250 000	4,8
<i>Total</i>	<i>6 500 000</i>	<i>1,8</i>

3.4.2.1 Méthodologie

L'exposition aux rayonnements des collaborateurs professionnellement exposés (tant les collaborateurs d'Electrabel que les externes) fait l'objet d'un suivi permanent, notamment par le biais de dosimètres personnels. Le principe du « niveau raisonnable le plus bas » (ALARA) est appliqué pour tous les travaux. La dose reçue par chaque collaborateur est évaluée par rapport à la limite interne de la CND. La CND applique une limite fixée à la moitié de la dose légale, c'est-à-dire 10 mSv par an. Même si une situation tout à fait exceptionnelle se présente (comme une erreur administrative), la dose annuelle des collaborateurs restera inférieure à la limite légale.

Les données de dose sont publiées chaque année dans les déclarations environnementales [Electrabel, 2012] [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b] [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a]. Ce rapport compare les données de dose publiées chaque année avec la limite interne de la CND et émet une prévision pour la période 2015-2025 sur la base de plusieurs années.

Afin de déterminer la charge de rayonnement des collaborateurs du site non professionnellement exposés, on utilise les données disponibles provenant des moniteurs témoins (TLD). Ces moniteurs ont été installés à des endroits représentatifs sur le site de la CND, mais en dehors des zones radiologiques, et leurs données sont régulièrement analysées. Les collaborateurs non professionnellement exposés sont soumis à une limite légale de 1 mSv par an [RGPRI, article 20.1.4], ce qui correspond à la limite de dose pour la population.

3.4.2.2 Situation de départ

Tant en 2012 qu'en 2013 et en 2014, la dose maximale de tous les collaborateurs était inférieure à la limite interne de 10 mSv par an de la CND et donc également bien inférieure à la limite légale de 20 mSv par 12 mois consécutifs glissants.

La dose moyenne pour les collaborateurs internes et externes est présentée au Tableau 3-7 [Electrabel, 2012] [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a]. La dose collective dépend fortement des travaux réalisés lors des révisions. Beaucoup de travaux imprévus ont par exemple eu lieu lors des révisions de CND-1 et CND-3 en 2012, ce qui fait que la dose collective pour la CND et pour CND-1 était plus élevée par rapport aux autres années. Étant donné qu'il y a eu plus de travaux en 2012, il y a aussi eu plus de collaborateurs professionnellement exposés.

Tableau 3-7 Dose efficace des collaborateurs de la CND dans la situation de départ

Année	CND			CND-1 et CND-2
	Nombre total de collaborateurs exposés	Dose efficace moyenne [mSv/an]	Collective [personne.mSv/an]	Collective [personne.mSv/an]
2012	3 402	0,47	1 612	521
2013	3 134	0,14	449	203
2014	3 145	0,31	981	336

La dose efficace moyenne reçue par les collaborateurs de la CND est environ six fois plus faible que la dose efficace moyenne reçue par les collaborateurs du secteur nucléaire déterminée par l'UNSCEAR (1,8 mSv/an) [UNSCEAR, 2000] (Tableau 3-6).

Aucun registre de dose n'est tenu pour les collaborateurs internes et externes non professionnellement exposés. Afin de s'assurer que les collaborateurs restent en dessous de la limite légale de 1 mSv par an, on peut utiliser les moniteurs témoins. Ces moniteurs témoins sont des dosimètres TLD installés à des endroits représentatifs sur le site de la CND, mais en dehors des zones radiologiques. Les résultats des moniteurs témoins sont utilisés pour déterminer le niveau de fond des dosimètres TLD personnels.

Les mesures des moniteurs témoins rapportent une dose moyenne de 0,63 mSv/an pour la période 2012-2014. Ce débit de dose est inférieur au niveau de fond moyen autour de la CND (0,7 mSv par an, cf. aussi paragraphe 3.4.1.1), qui résulte du blindage des bâtiments contre le rayonnement naturel (e.a. le rayonnement terrestre et cosmique). À titre d'exemple, une étude portant sur la dose de > 50 000 moniteurs témoins en Belgique a révélé un débit de dose moyen de 0,67 mSv par an [Electrabel, 2020a]. L'exposition moyenne des collaborateurs de la CND non professionnellement exposés est donc négligeable [Electrabel, 2020a].

La dose mesurée la plus élevée des moniteurs témoins était de 0,87 mSv par an, soit 0,17 mSv par an après correction de fond. Par conséquent, la dose annuelle reçue par un collaborateur qui passerait 2 000 heures par an à cet endroit (0,04 mSv) est bien inférieure à la limite légale (1 mSv par an). Ces résultats confirment que les unités, le WAB et le SCG du site disposent d'un blindage radiologique suffisant pour protéger les collaborateurs non professionnellement exposés.

3.4.2.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles de l'exposition des collaborateurs aux rayonnements sont évaluées pour les deux scénarios étudiés.

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct.
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées lors de la situation de départ (2012-2014) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente⁹.

3.4.2.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Le rapport de synthèse LTO contient le plan d'action intégré visant à exploiter CND-1 et CND-2 pendant dix ans de plus que ce qui était prévu dans la loi de 2003 sur la sortie du nucléaire. Ces mesures sont mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet. CND-1 et CND-2 sont également exploitées par Electrabel durant cette période.

Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre au cours de l'exploitation ou lors d'une révision. Les mesures LTO techniques en particulier ne peuvent être mises en œuvre que lors d'une révision, afin d'assurer la sécurité permanente tant de la centrale que des collaborateurs. Étant donné que de nombreux travaux sont réalisés en marge de l'exploitation régulière, on s'attend à ce que l'exposition aux rayonnements ionisants pour les collaborateurs internes et externes professionnellement exposés pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 soit plus élevée que dans la situation de départ. En revanche, la dose reçue par les collaborateurs non professionnellement exposés ne devrait pas changer de manière significative par rapport à la situation de départ.

Compte tenu du calendrier de cette étude, le degré d'exposition des collaborateurs pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est déjà connu. La dose efficace reçue par les collaborateurs de CND-1 et CND-2 et de l'ensemble du site (CND) pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est présentée au Tableau 3-8 [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a]. Tout comme dans la situation de départ, la dose maximale de tous les collaborateurs professionnellement exposés est bien inférieure à la limite légale de 20 mSv par 12 mois consécutifs

⁹ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

glissants, y compris pour les années 2015-2017. En 2018, des travaux ont été réalisés, au cours desquels un seul collaborateur a subi une dose supérieure à la limite interne de 10 mSv/an. Il s'agissait d'une activité planifiée, pour laquelle les parties concernées ont été consultées afin de s'assurer que la dose annuelle reste bien en deçà de la limite légale.

Tableau 3-8 Dose efficace reçue par les collaborateurs de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Année	CND			CND-1 et CND-2
	Nombre total de collaborateurs exposés	Dose efficace moyenne [mSv/an]	Collective [personne.mSv/an]	Collective [personne.mSv/an]
Situation de départ (2012-2014)	3 227	0,31	1 014	353
2015	3 544	0,34	1 219	602
2016	3 582	0,26	916	473
2017	3 594	0,42	1 493	784
2018	3 961	0,45	1 789	1 347

Étant donné que les mesures LTO impliquent plus de travaux dans le bâtiment du réacteur, plus de 400 collaborateurs professionnellement exposés supplémentaires sont nécessaires pour ces travaux. Avec pour conséquence attendue que la dose collective de tous les collaborateurs professionnellement exposés est plus élevée par rapport à la situation de départ.

La dose efficace moyenne reçue par les collaborateurs professionnellement exposés de la CND reste toutefois inférieure à la dose efficace moyenne reçue par les collaborateurs du secteur nucléaire déterminée par l'UNSCEAR (1,8 mSv/an) [UNSCEAR, 2000].

Pour les collaborateurs internes et externes non professionnellement exposés, on peut, tout comme dans le paragraphe précédent, utiliser les moniteurs témoins, qui ont été installés à des endroits représentatifs sur le site de la CND, mais en dehors des zones radiologiques. On obtient une moyenne de 0,61 mSv/an pour la période 2015-2018 [ENGIE, 2020], ce qui est comparable à la situation de départ. La dose mesurée la plus élevée de 0,61 mSv par an a légèrement diminué par rapport à la situation de départ. On peut ainsi conclure que les travaux de construction n'ont aucun impact sur la dose pour les collaborateurs non professionnellement exposés.

Sur la base de ces données, on peut conclure que la constitution des mesures LTO entraîne à une légère augmentation de la dose collective pour les collaborateurs professionnellement exposés. Les doses individuelles étant bien inférieures à la limite légale, on peut affirmer que cette phase n'a pas d'impact négatif significatif. Cette phase n'a pas non plus d'impact négatif significatif pour les collaborateurs non professionnellement exposés.

3.4.2.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, les unités (CND-1 et CND-2) continueront à être exploitées. Au cours de cette exploitation régulière (2019-2025), des travaux auront également lieu pendant les révisions et des collaborateurs seront également exposés aux rayonnements ionisants. Bien que le degré de cette exposition dépende fortement du type de travaux effectués dans les bâtiments des réacteurs, la dose collective annuelle devrait être comparable à la dose collective annuelle dans la

situation de départ (2012-2014). On suppose que la dose collective annuelle lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) sera similaire à celle de la situation de départ (cf. ligne verte à la Figure 3-18).

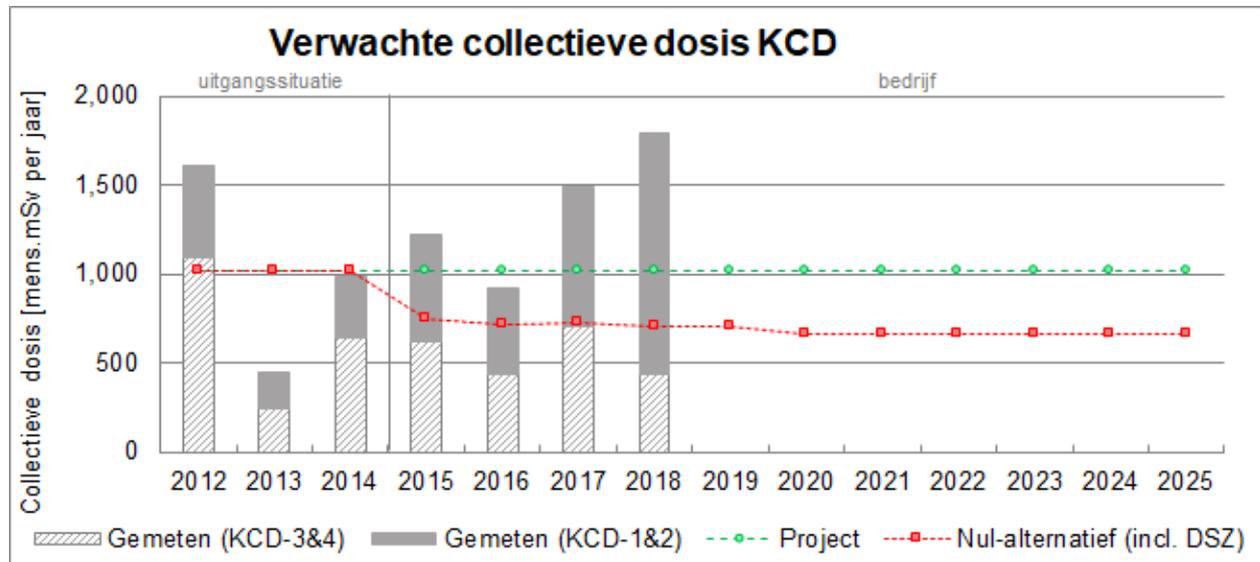


Figure 3-18 Dose collective attendue pour les collaborateurs professionnellement exposés de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro. Les barres verticales indiquent la dose collective effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.

Lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025), aucun impact n'est à prévoir pour les collaborateurs non professionnellement exposés, comme précédemment confirmé lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018.

Sur la base de ces résultats, on peut conclure que ce projet n'a pas d'impact significatif sur l'exposition du personnel, tant en ce qui concerne les collaborateurs professionnellement exposés que les collaborateurs non professionnellement exposés.

3.4.2.3.3 Option zéro

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 seront définitivement mises à l'arrêt en 2015. Dans ce cas, les collaborateurs ne seront plus exposés au rayonnement ionisant résultant de la production d'énergie par CND-1 et CND-2. La dose collective annuelle pour les collaborateurs professionnellement exposés sera alors constituée de l'exploitation de CND-3 et CND-4 uniquement, ainsi que des travaux MAD de CND-1 et CND-2. En raison du blindage radiologique de CND-1 et CND-2, la mise à l'arrêt de ces unités aura peu d'effet sur la dose annuelle des collaborateurs non professionnellement exposés. La Figure 3-18 intègre le rayonnement direct pendant la phase MAD dans l'option zéro.

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Après la mise à l'arrêt de CND-1 et CND-2, les cœurs des réacteurs et le bassin de stockage de combustible devront toujours être refroidis pour évacuer la chaleur de désintégration. Des travaux de maintenance et d'inspection devront toujours être réalisés. La durée de la période de mise à l'arrêt définitif (MAD) ne différera pas entre la situation du projet et l'option zéro. Dans le cadre du projet, la

MAD commencera dix ans plus tard. Par conséquent, la dose collective annuelle pendant la phase de MAD ne différera pas entre les deux scénarios.

Electrabel a réalisé une estimation de la charge de rayonnement des collaborateurs professionnellement exposés pendant les quatre phases de la MAD. Cette estimation a été effectuée sur la base des travaux MAD qui ont eu lieu dans des centrales nucléaires allemandes au cours des dix dernières années.

Electrabel part du principe que la charge de rayonnement des collaborateurs professionnellement exposés suivra une tendance similaire à celle des centrales nucléaires allemandes. La dose collective attendue pendant la MAD de CND-1 et CND-2 a été calculée sur la base de cette estimation et est présentée à la Figure 3-19. Le calendrier suivant a été utilisé (cf. paragraphe 1.1.3 pour le détail des travaux réalisés durant les différentes phases) :

- la phase 1 de la MAD a lieu la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 2 de la MAD a lieu consécutivement la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 3 de la MAD s'étend sur les 2^e, 3^e et 4^e années de la période MAD ;
- la phase 4 de la MAD a lieu la 5^e année de la période MAD.

Notons que la charge de dose pour les collaborateurs professionnellement exposés est liée à des travaux effectués à un moment donné. Par conséquent, la planification de CND-1 et CND-2 peut différer quelque peu de celle des centrales nucléaires allemandes considérées. Tous les travaux similaires ne sont ainsi pas réalisés en même temps. Lors de la phase 3 de la MAD en particulier, la tendance à la baisse de la charge de rayonnement peut donc légèrement fluctuer.

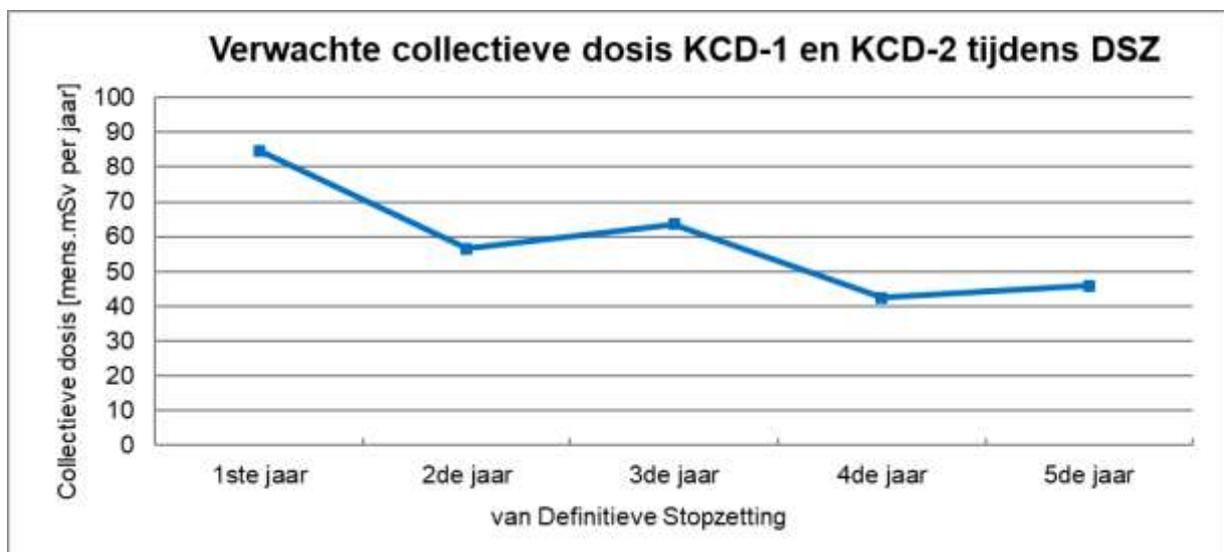


Figure 3-19 Dose collective attendue pour les collaborateurs professionnellement exposés résultant des travaux à CND-1 et CND-2 pendant la MAD.

La mise à l'arrêt de CND-1 et CND-2 aura peu d'impact sur la dose annuelle des collaborateurs non professionnellement exposés en raison du blindage radiologique de ces unités.

3.4.2.4 Incidences transfrontalières

La loi belge prévaut pour tous les collaborateurs, indépendamment de leur lieu de résidence. Les incidences transfrontalières ne sont donc pas d'application.

3.4.2.5 Suivi

Le RGPRI fixe légalement quel suivi minimal doit être effectué par l'employeur. Ce suivi est supervisé par l'AFCN. La dosimétrie personnelle est effectuée par un institut indépendant reconnu par l'AFCN. Les moniteurs témoins sont également utilisés pour contrôler l'exposition du personnel non professionnellement exposé.

3.4.2.6 Mesures d'atténuation

Les dispositions de CND-1 et CND-2 relatives à l'exposition au rayonnement sont telles que les critères applicables sont amplement respectés. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est donc nécessaire.

3.4.2.7 Lacunes de connaissances

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences de l'exposition au rayonnement résultant du projet. Il n'y a aucune lacune de connaissances qui empêche une bonne évaluation des incidences.

3.4.2.8 Conclusions

Du fait du projet (prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2), l'exposition des collaborateurs se produira pendant dix années supplémentaires. Electrabel a réduit de moitié sa limite interne par rapport à la limite légale, de sorte qu'aucun collaborateur professionnellement exposé ne dépassera en principe la limite légale annuelle. En raison du blindage radiologique de toutes les unités, du WAB et du SCG, il n'y aura pas de différence significative entre la situation du projet et l'option zéro en ce qui concerne la dose annuelle (1 mSv par an [RGPRI, article 20.1.4]) des collaborateurs non professionnellement exposés. Sur cette base, on peut conclure que ce projet n'aura pas d'impact significatif sur le personnel en termes de dose reçue.

La loi belge prévaut pour tous les collaborateurs, indépendamment de leur lieu de résidence. Les incidences transfrontalières ne sont donc pas d'application.

3.4.3 Rejets gazeux radioactifs

Lors de l'exploitation de la CND, plusieurs radionucléides se retrouvent en phase gazeuse. Presque tous les radionucléides présents en phase gazeuse proviennent du circuit de refroidissement primaire ; il s'agit ici principalement de produits de fission gazeux (e.a. ^{85}Kr , ^{133}Xe et ^{131}I), de tritium (^3H), de carbone-14 (^{14}C) et, dans une moindre mesure, d'aérosols contenant à la fois des produits d'activation et de fission (e.a. ^{60}Co et ^{137}Cs).

Les radionucléides présents en phase gazeuse sont collectés dans le circuit spécial *Gaseous waste* (GW). Les gaz sont conduits vers un réservoir via un filtre à charbon actif et un filtre HEPA jusqu'à ce qu'un volume prédéfini soit atteint, après quoi le réservoir est scellé et mis en mode de désintégration. Cette période permet à tous les radionucléides à vie courte de se désintégrer, ce qui réduit considérablement

l'activité du rejet potentiel. Après la désintégration, on mesure l'activité résiduelle dans les gaz. Sur la base de l'activité résiduelle, les gaz sont ensuite rejetés dans l'environnement de manière contrôlée via des filtres à iode et à aérosols, conformément aux limites de rejet. Les gaz passent par différents filtres (e.a. HEPA et charbon actif) afin de minimiser la quantité d'activité libérée [Tractebel, 2010]. Les aérosols et l'iode en particulier sont cependant capturés par les filtres. L'efficacité de filtrage des gaz nobles, du tritium (^3H) et du carbone-14 (^{14}C) est très faible en raison des propriétés de ces éléments.

Des radionucléides gazeux peuvent également être libérés dans les zones radiologiques via des fuites ou via la purge des systèmes de production, qui contiennent des eaux de refroidissement primaires. Afin d'éviter les rejets indésirables de ces radionucléides libérés dans l'environnement, toutes les zones radiologiques sont en dépression par rapport à l'air extérieur, de sorte que le flux se dirige toujours vers la zone potentiellement contaminée. Les radionucléides libérés de manière inattendue pénètrent donc également dans les systèmes de ventilation des bâtiments, d'où ils sont filtrés et finalement évacués par le puits de ventilation.

Presque immédiatement après leur rejet via le puits de ventilation, les radionucléides rejetés se dispersent en fonction de la direction et de la force du vent, ce qui entraîne une forte dilution de la concentration d'activité. Selon leurs propriétés chimiques, les radionucléides rejetés peuvent se comporter différemment et se retrouver dans l'environnement. Les aérosols se déposent ainsi principalement par précipitation, éventuellement renforcés par la pluie, tandis que les gaz nobles continuent à se disperser. Dans ce contexte, le débit de ventilation du puits est étroitement surveillé afin d'assurer une dispersion efficace.

Les rejets atmosphériques peuvent donc contribuer à la dose efficace engagée pour l'homme, ainsi que pour la flore et la faune. Afin de déterminer l'impact des rejets atmosphériques sur l'environnement, il convient d'étudier à la fois l'activité totale rejetée et la dose efficace engagée calculée, en tenant compte des différentes incidences radiologiques des radionucléides rejetés (e.a. distinction entre les radionucléides qui émettent un rayonnement gamma et alpha).

3.4.3.1 Méthodologie

Après le stockage de désintégration, les gaz sont rejetés via le puits de ventilation. La concentration d'activité est contrôlée avant le rejet. Si une limite d'activité prédéterminée est dépassée, le rejet est automatiquement interrompu. Les valeurs d'activités mesurées sont également enregistrées afin de démontrer que les unités respectent les limites imposées. Ces limites sont résumées au Tableau 3-9 [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b] [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a]. Étant donné que la majorité de l'activité gazeuse est directement rejetée par les unités, il existe une limite tant pour l'ensemble du site (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4 et le WAB) que pour les différentes unités (CND-1 et CND-2 sont considérées conjointement). Le tritium (^3H ; gazeux) est principalement rejeté par le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB), ce qui explique que le ^3H est uniquement autorisé pour l'ensemble du site.

Tableau 3-9 Activités autorisées pour les rejets de gaz provenant de la CND

Nucléide	Limite de rejet de CND-1 et CND-2 pour 12 mois	Autorisation de rejet de la CND pour 12 mois
Gaz nobles	1 480 TBq $^{133}\text{Xe}_{\text{eq}}$	2 960 TBq $^{133}\text{Xe}_{\text{eq}}$
Iode-131 (^{131}I)	7,4 GBq	14,8 GBq
Aérosols	74 GBq ¹⁰	148 GBq
Tritium (^3H)	-	88,8 TBq

Afin d'évaluer l'activité rejetée par rapport à la limite, l'activité des gaz nobles rejetés doit être normalisée par rapport à ^{133}Xe :

$$^{133}\text{Xe}_{\text{eq}} = R(^{133}\text{Xe}) + \sum \left(\frac{\gamma_{\text{gaznoble}}}{\gamma_{^{133}\text{Xe}}} \right) \cdot R(\text{gaznoble})$$

où R est la concentration d'activité et γ le facteur de conversion de dose des différents radionucléides. Les données relatives aux émissions de rejets gazeux proviennent des rapports annuels d'Electrabel.

Pour le calcul de dispersion atmosphérique, un modèle de dispersion bi-gaussien est utilisé. La dispersion et la dilution des radionucléides à partir d'un point d'émission sont calculées sur la base de différents coefficients de dispersion. Les coefficients utilisés pour le calcul ont été déterminés à l'aide d'études expérimentales des conditions atmosphériques en 1968, 1969 et 1971 [Tractebel, 2010].

Outre la dispersion, suivie de l'inhalation de radionucléides et du rayonnement direct, les radionucléides peuvent également se déposer sur le sol et contribuer au rayonnement direct, ainsi qu'à l'ingestion via des aliments contaminés. Les dépôts sur le sol ont été étudiés par temps sec et par temps de précipitations. Pour les dépôts secs, un taux de dépôt a été déterminé de manière expérimentale pour chaque unité. Pour les dépôts par précipitations, un taux de dégradation a été déterminé pour l'ensemble du site et une correction pour la vitesse du vent est appliquée [Tractebel, 2010].

Afin de déterminer l'impact des radionucléides rejetés, la dose efficace engagée annuelle (dose totale reçue sur une période de 50 ans en une seule prise) est calculée à l'aide des rejets mesurés et à l'aide des modèles de dispersion atmosphérique et des modèles d'absorption basés sur la méthode de calcul de la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis [NRC, 1977]. La contribution à la dose des scénarios ci-dessous est calculée dans ce contexte.

- Exposition directe à un nuage de gaz nobles
- Contamination due aux rejets d'iode, d'aérosols, de tritium gazeux et de ^{14}C par :
 - inhalation de l'air ;
 - exposition de l'organisme à des dépôts sur le sol ;
 - exposition par ingestion d'aliments contaminés (lait, viande et aliments végétaux).

La dose est calculée pour les six catégories d'âge (< 1 an, 1-2 ans, 2-7 ans, 7-12 ans, 12-17 ans en > 17 ans) définies par la Commission internationale de protection radiologique (ICRP) [ICRP, 1995] sur la

¹⁰ TBq signifie « térabecquerel » ; GBq signifie « gigabecquerel »
1 TBq = 1 000 GBq = 10⁹ Bq

base des valeurs de consommation type dérivées du *NRC Regulatory Guide 1.109* [NRC, 1977]. Cette méthodologie a été adaptée au contexte belge par l’AFCN et a été définie dans les « Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique » [AFCN, 2013a].

La dose calculée est évaluée chaque année par rapport aux valeurs limites pour les différentes catégories d’âge (Tableau 3-10). Ces valeurs sont calculées en effectuant un calcul similaire sur les limites de rejet autorisées de la CND [Tractebel, 2014a].

Tableau 3-10 Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de la CND par rapport aux limites de rejet

	Dose efficace engagée due aux rejets autorisés de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Rejets gazeux	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Outre la comparaison directe des rejets gazeux, la dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques est combinée avec la dose efficace engagée résultant des rejets liquides (paragraphe 3.4.4) et la dose efficace résultant du rayonnement direct (paragraphe 3.4.1). Cette dose totale pour un membre de la population du fait de l’exploitation de la CND est ensuite confrontée à la limite de dose de 1 mSv par an fixée par le RGPRI [RGPRI]. Cette dernière comparaison est décrite à la section portant sur la dose totale (paragraphe 3.4.8).

Afin de détecter une contamination radioactive anormale de la chaîne alimentaire, des échantillons de mousse, d’herbe et de sol sont prélevés chaque année sur ordre d’Electrabel pour être analysés dans un laboratoire de radioanalyse en vue de détecter la présence de radionucléides, en utilisant à la fois la spectrométrie γ et des méthodes spécialisées pour la détection du ^3H et du ^{14}C . Des échantillons de chaque matière (mousse, herbe, sol) sont prélevés à deux endroits autour de la CND, où les dépôts les plus importants sont attendus. Un échantillon de référence est également prélevé à une distance de 20 km de la CND dans la direction du vent la moins courante (Figure 3-20).

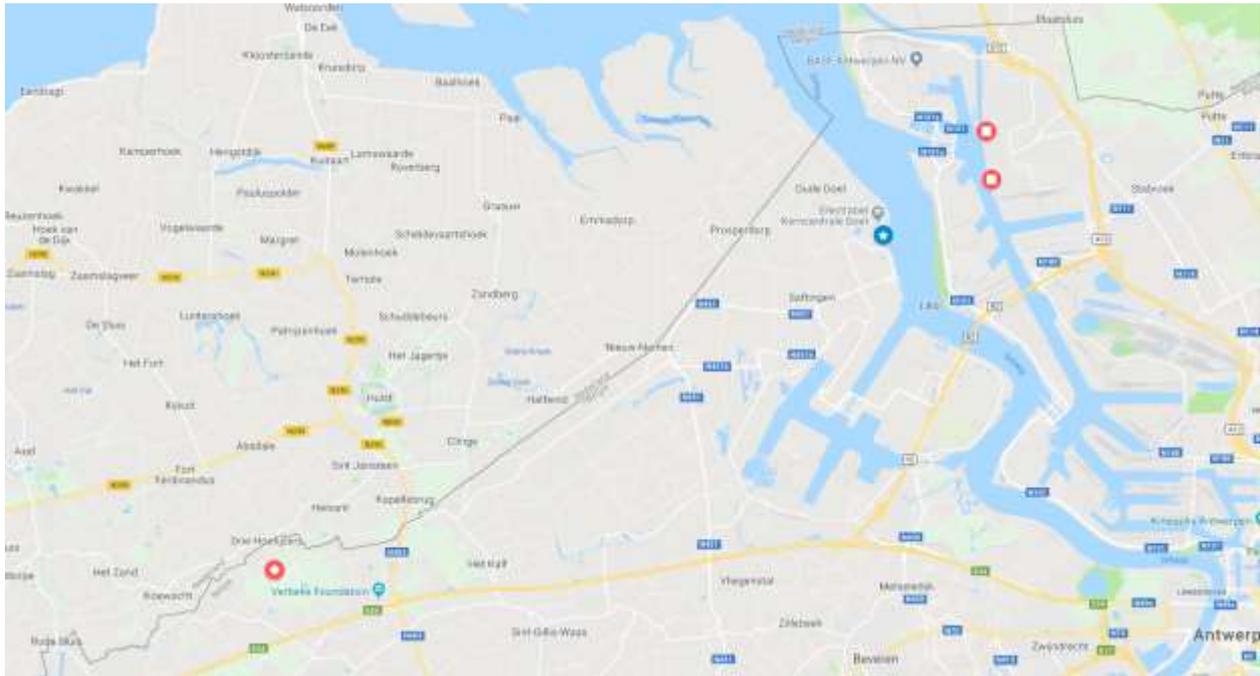


Figure 3-20 Emplacement des prélèvements d'échantillons d'herbe, de mousse et de sol. En Belgique, la direction prédominante du vent est sud-ouest¹¹.

3.4.3.2 Situation de départ

L'activité annuelle rapportée rejetée dans l'atmosphère est indiquée au Tableau 3-11 [Electrabel, 2013] [Electrabel, 2014] [Electrabel, 2015a]. Les activités rejetées sont données tant pour l'ensemble du site (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4 et WAB) que pour CND-1 et CND-2 en particulier. La majorité de l'activité gazeuse est directement rejetée par les différentes unités. Seule une fraction de l'activité rejetée provient du bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB), dont on peut supposer que 50 % sont attribués à l'exploitation de CND-1 et CND-2 [Tractebel, 2019c]. L'activité totale rejetée ($A_{CND1\&2}$) a été calculée en additionnant l'activité directement rejetée par les deux unités (A_{CND1} et A_{CND2}) et 50 % de l'activité totale rejetée par le WAB (A_{WAB}) :

$$A_{CND1\&2} = A_{CND1} + A_{CND2} + \frac{2}{4} \cdot A_{WAB}$$

L'activité totale rejetée par l'ensemble du site (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4 et WAB) et l'activité rejetée calculée pour CND-1 et CND-2 sont présentées au Tableau 3-11.

¹¹ <https://www.meteo.be/nl/unpublish/algemeen-klimaat-belgie/parameters> (consulté le 16 janvier 2020)

Tableau 3-11 Activité rejetée d'aérosols, d'iode-131, de gaz nobles et de tritium dans l'atmosphère au cours des années 2012-2014

Année	Aérosols [GBq]		Iode-131 [GBq]		Gaz nobles [TBq]		Tritium [TBq]	
	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND
2012	0,0585	0,0844	0,0174	0,0362	24,8	35,8	2,62	3,25
2013	0,0604	0,0841	0,0110	0,0320	18,7	29,2	1,58	2,39
2014	0,0598	0,0887	0,0190	0,0317	19,9	30,1	1,79	2,65
Limite de rejet	74	148	7,4	14,8	1 480	2 960	-	88,8

La majorité de l'activité rejetée provient des gaz nobles (e.a. différents isotopes du xénon et du krypton), suivi par le tritium (^3H). Toutes les activités rejetées, y compris l'iode-131 et les aérosols, sont malgré tout bien inférieures aux limites de rejet autorisées. Les données montrent cependant un léger écart entre les différentes années, qui est dû à divers facteurs tels que le temps de production et les travaux.

La dose efficace engagée a été calculée pour six catégories d'âge différentes sur la base des données de rejet. Les résultats pour la dose annuelle sont résumés au Tableau 3-12 [Tractebel, 2014] [Tractebel, 2014a] [Tractebel, 2015a]. Les calculs montrent que la dose efficace engagée se situe également bien en deçà de la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées. Étant donné que la dose efficace engagée a été calculée sur la base de l'activité rejetée, la dose présente une dispersion similaire.

Tableau 3-12 Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge au cours des années 2012-2014 résultant des rejets atmosphériques de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2012	0,0060	0,020	0,013	0,011	0,0099	0,0098
2013	0,0056	0,019	0,012	0,010	0,0097	0,0094
2014	0,0058	0,019	0,013	0,010	0,0099	0,0094
Sur la base des limites autorisées	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Pour toutes les catégories d'âge, le carbone-14 (^{14}C) représente la plus grosse contribution à la dose efficace engagée, comme le montre le graphique à la Figure 3-21. L'activité rejetée de carbone-14 a cependant été estimée sur la base de la littérature technique de centrales comparables [Schwibach, 1978] en raison du manque de données de mesure à la CND. Ceci a été convenu avec l'AFCN [Electrabel, 1981]. Tant les aérosols que l'iode-131 ont une contribution très limitée ($\leq 1\%$) à la dose efficace engagée.

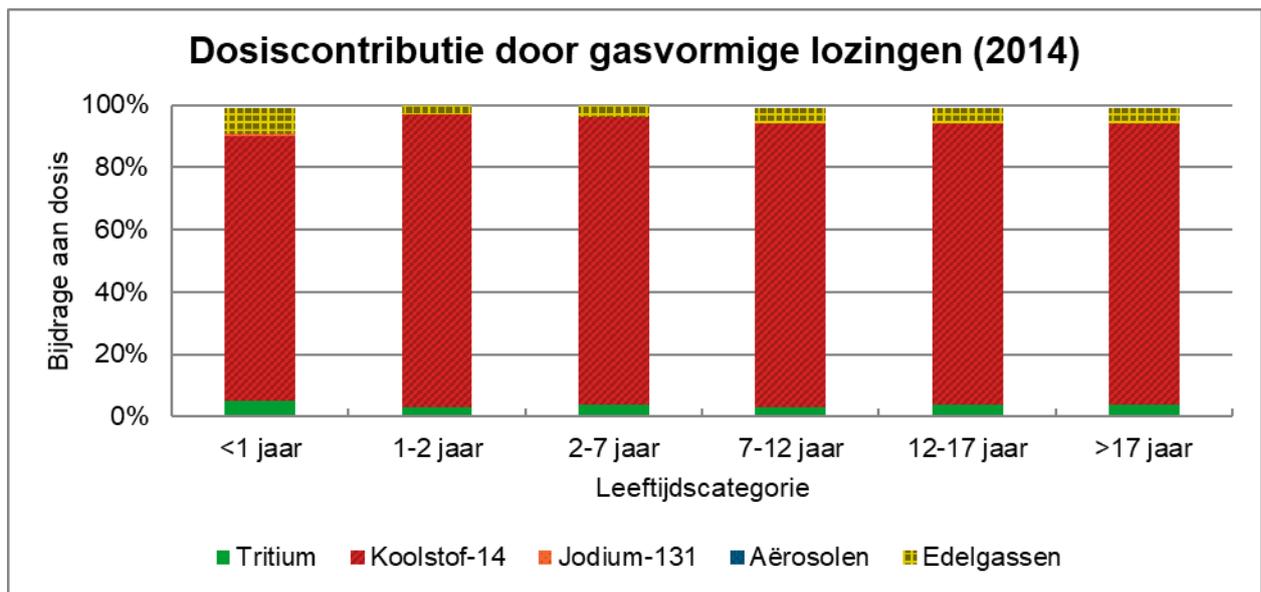


Figure 3-21 Contribution des différents types de radionucléides à la dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques en 2014

Sur la base du programme de suivi interne d'Eletrabel avec l'aide du SCK•CEN, aucun radionucléide n'a été détecté en concentrations significativement mesurables, à l'exception du ^{14}C et du ^{137}Cs . Les concentrations d'activité mesurées de ^{137}Cs dans les différents échantillons prélevés à proximité de la CND sont présentées au Tableau 3-13. Les différents échantillons montrent tous une activité de ^{137}Cs significativement mesurable, tant autour de la CND que dans l'échantillon de référence. L'échantillon de référence est prélevé à environ 20 km de la CND dans la direction du vent la moins courante. Bien que le ^{137}Cs soit présent presque partout en raison des explosions d'armes nucléaires en surface et de l'accident de Tchernobyl [AFCN, 2018], un des échantillons prélevés autour de la CND a révélé une activité significativement accrue par rapport à l'échantillon de référence, tant dans la mousse que dans le sol. Sur la base du programme de suivi interne d'Electrabel, les concentrations de radionucléides mesurées dans les échantillons sont néanmoins très faibles et confirment que les rejets liquides et atmosphériques radiologiques de la CND n'ont pas d'impact significativement mesurable sur la population humaine (cf. aussi paragraphe 3.4.3.5).

De récentes études menées par l'IAEA dans le cadre du programme MODARIA II ont démontré que si les rejets réguliers ont un impact radiologique négligeable sur l'homme, cela implique qu'il n'y a pas non plus d'impact nocif sur la flore et la faune [Tractebel, 2020c]. Un examen plus approfondi des incidences sur la flore et la faune n'a donc aucune valeur ajoutée dans le cadre du projet et de l'option zéro. Les résultats du programme de surveillance radiologique, dans le cadre duquel divers échantillons de flore et de faune ont été analysés, confirment que la centrale nucléaire de Doel n'a pas d'impact radiologique mesurable sur l'atmosphère (cf. paragraphe 3.4.4.5).

La concentration d'activité du ^{14}C dans la mousse et l'herbe autour de la CND correspond à la concentration présente dans l'échantillon de référence, ainsi qu'à la concentration d'activité naturelle moyenne du ^{14}C dans les organismes vivants (0,227 Bq/g) [Chopin, 2013]. Aucune activité significativement mesurable de ^{14}C n'a été identifiée dans les échantillons de sol.

Tableau 3-13 Concentration d'activité du ¹³⁷Cs dans les échantillons analysés à proximité de la CND (2014)

	Mousse [Bq/kg]	Herbe [Bq/kg]	Sol [Bq/kg]
Échantillon 1	3,41 ± 0,54	< 1,2	7,4 ± 1,0
Échantillon 2	1,31 ± 0,38	< 1,8	1,73 ± 0,36
Échantillon de référence	0,29 ± 0,23	< 1,0	0,97 ± 0,33

3.4.3.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des rejets gazeux sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct.
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées lors de la situation de départ (2012-2014) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente¹².

3.4.3.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Les mesures LTO sont mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet. Pendant cette phase, les mesures LTO seront mises en œuvre, mais les unités seront également exploitées de la même manière que dans la situation de départ.

Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre au cours de l'exploitation ou lors d'une révision. Les mesures LTO techniques en particulier ne peuvent être mises en œuvre que lors d'une révision, afin d'assurer la sécurité permanente tant de la centrale que des collaborateurs.

¹² Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

Bien que de nombreux travaux soient réalisés en marge de l'exploitation régulière, les rejets gazeux radioactifs pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 devraient être similaires à ceux de la situation de départ.

Compte tenu du calendrier de cette étude, les rejets gazeux radioactifs pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 sont déjà connus. Au cours de cette période, les gaz sont libérés dans l'environnement de manière contrôlée en fonction de l'activité résiduelle, via des filtres à iode et à aérosols, conformément à l'autorisation en vigueur. L'activité rejetée dans l'atmosphère au cours des années 2015-2018 est présentée au Tableau 3-14.

Tableau 3-14 Activité rejetée d'aérosols, d'iode-131, de gaz nobles et de tritium dans l'atmosphère au cours des années 2015-2018

Année	Aérosols [GBq] ¹⁰		Iode-131 [GBq]		Gaz nobles [TBq]		Tritium [TBq]	
	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND
Situation de départ (2012-2014)	0,0596	0,0857	0,0158	0,0333	21,2	31,7	2,00	2,76
2015	0,0668	0,0928	0,0324	0,0568	46,3	56,3	2,46	3,31
2016	0,0620	0,0841	0,0141	0,0265	37,9	48,2	3,57	4,45
2017	0,0447	0,0592	0,0037	0,0063	17,6	27,4	1,32	2,17
2018	0,0299	0,0412	0,0202	0,0231	45,5	55,1	2,69	3,64
Limite de rejet	74	148	7,4	14,8	1 480	2 960	-	88,8

L'année 2015 est marquée par une augmentation de l'activité totale rejetée de gaz nobles de CND-1 et CND-2. Cette augmentation de l'activité de gaz nobles rapportée en 2015 est attribuable aux activités supplémentaires lors de l'arrêt prolongé de CND-1. L'augmentation des rejets d'iode en 2015 est imputable à la hausse du nombre de tests de filtrage effectués [Electrabel, 2016]. L'augmentation de l'activité de tritium rejetée en 2016 résulte d'un échantillonnage incorrect qui a entraîné la déclaration d'une valeur prudente (large surestimation) [Electrabel, 2017]. En dépit de ces augmentations, l'activité rejetée est chaque année bien inférieure à la limite autorisée. Les autres activités rejetées se situent au même niveau que dans la situation de départ, tandis que l'activité en 2018 est largement inférieure à celle de la situation de départ.

La dose efficace engagée a été calculée pour six catégories d'âge différentes sur la base des données de rejet. Les résultats pour les rejets atmosphériques sont résumés au Tableau 3-15 [Tractebel, 2019a] [Tractebel, 2017] [Tractebel, 2018] [Tractebel, 2019]. Les calculs montrent que la dose efficace se situe également bien en deçà de la limite autorisée. Étant donné que la dose efficace engagée a été calculée sur la base de l'activité rejetée, la dose présente une dispersion similaire. Vu que la plus grosse contribution à la dose efficace engagée est le rejet de ¹⁴C et que les gaz nobles ont une contribution d'environ 10 % (Figure 3-21), la contribution de l'augmentation du rejet de gaz nobles en 2015 à la dose efficace engagée est négligeable.

Tableau 3-15 Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge au cours des années 2015-2018 résultant des rejets gazeux de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2015	0,0064	0,020	0,013	0,011	0,010	0,0099
2016	0,0063	0,020	0,013	0,011	0,010	0,010
2017	0,0057	0,019	0,013	0,010	0,0097	0,0092
2018	0,0063	0,020	0,013	0,011	0,010	0,010
Sur la base des limites autorisées	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Conformément aux attentes, ni l'activité rejetée ni la dose efficace engagée résultant des rejets gazeux provenant de CND-1 et CND-2 et de l'ensemble du site pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 ne diffèrent de la situation de départ (2012-2014). La phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 a donc un impact négligeable sur l'environnement.

3.4.3.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

CND-1 et CND-2 continuent d'être exploitées au cours de la période 2019-2025, appelée « phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) » dans le cadre de ce projet. La Figure 3-22 donne une représentation graphique des rejets gazeux attendus de la CND, tant pour le projet que pour l'option zéro. L'activité gazeuse totale rejetée au cours de cette phase ne devrait pas différer de celle de la situation de départ. Cette estimation est basée sur le total rapporté des gaz nobles, aérosols, iode et tritium rejetés dans la situation de départ (2012-2014), ainsi que sur les données de mesure de la période 2015-2018. L'activité annuelle rejetée respecte amplement la limite de rejet pour l'ensemble du site.

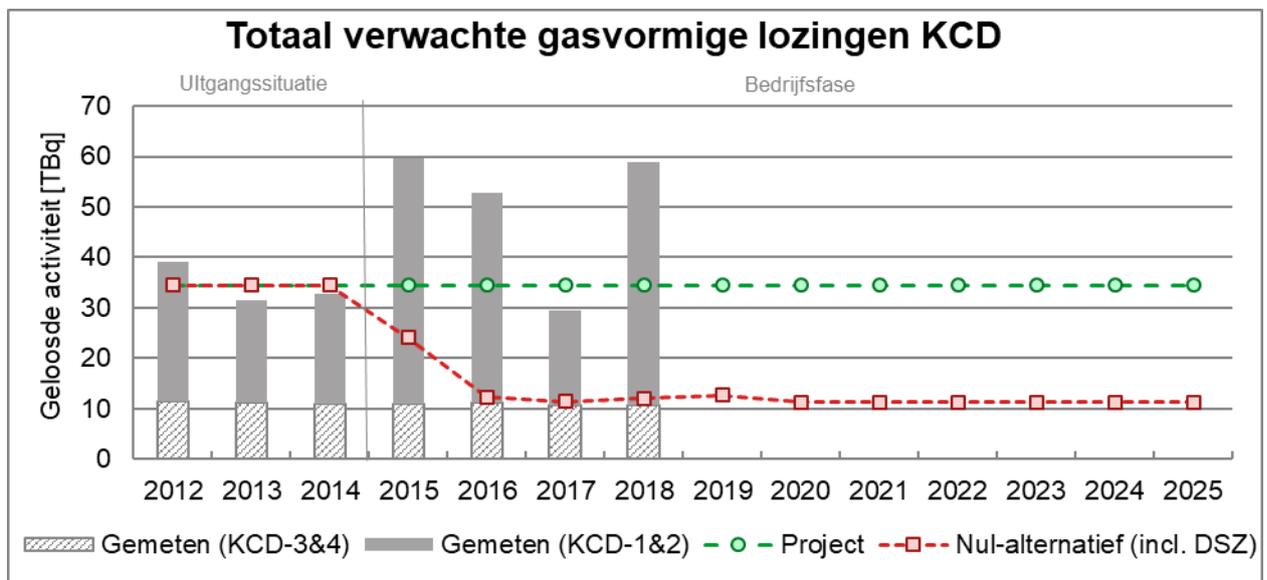


Figure 3-22 Activité gazeuse rejetée attendue, tant pour le projet que pour l'option zéro, par rapport aux résultats de mesure disponibles

Étant donné que l'activité annuelle totale rejetée attendue après le lancement du projet LTO ne différera pas de la situation de départ, la dose efficace engagée résultant de l'exploitation de la CND ne différera

pas non plus de la situation de départ. Ceci est résumé au Tableau 3-16. Ce tableau indique la dose efficace engagée annuelle attendue par catégorie d'âge pour la situation du projet (LTO). Il s'agit de la moyenne des valeurs des années 2012-2014, telles que présentées au Tableau 3-12.

Tableau 3-16 Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets atmosphériques lors de l'exploitation de la CND dans le cadre du projet

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Projet (LTO)	0,0058	0,019	0,013	0,011	0,0098	0,0095
Sur la base des limites autorisées	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

La dose efficace engagée résultant des rejets gazeux est bien inférieure à la limite de dose de 1 mSv par an, une dose reconnue au niveau international comme étant sans incidence significative [IAEA, 2014]. Les rejets gazeux contribuent en partie à la dose totale maximale reçue par un membre de la population du fait de l'exploitation de la CND. La dose totale est décrite au paragraphe 3.4.8.

Étant donné que la quantité d'activité rejetée lors de l'exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO devrait se maintenir au même niveau que dans la situation de départ, de sorte que la dose efficace engagée pour un membre de la population résultant des rejets atmosphériques n'augmentera pas non plus, les rejets atmosphériques lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) n'auront pas d'impact significatif sur l'environnement.

Incidences cumulatives du projet

La dose cumulative attendue résultant de ce projet peut être considérée comme la différence entre la dose efficace engagée qui se produirait si le projet n'était pas réalisé (et si seules CND-3 et CND-4 étaient exploitées) et la dose engagée qui se produit dans la situation du projet (et donc si CND-1 à CND-4 sont exploitées).

La dose cumulative attendue résultant de ce projet a donc été calculée en soustrayant la dose efficace engagée pour l'ensemble du site dans l'option zéro (0,0064 mSv/an, Tableau 3-18) de la dose annuelle totale résultant de ce projet (0,0095 mSv/an, Tableau 3-16). La dose annuelle résiduelle (0,0032 mSv/an) est la dose résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2. En multipliant cette dose par la période d'exploitation visée, on obtient la dose cumulative totale résultant de ce projet (Tableau 3-17).

La dose cumulative attendue pour un adulte (>17 ans) résultant de la LTO de CND-1 et CND-2 s'élève à 0,035 mSv. Bien que la dose efficace engagée la plus élevée due aux rejets gazeux soit encourue par des enfants âgés de 1-2 ans, la prolongation de la durée de vie s'étend sur une période plus longue (10 ans) et les enfants passeront par au moins deux catégories d'âge ou plus au cours du projet LTO. La dose cumulative la plus élevée possible pour les enfants s'élève à 0,044 mSv (Tableau 3-17).

Tableau 3-17 Dose efficace engagée attendue due aux rejets gazeux résultant de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2

	Adulte [mSv]	Enfant [mSv]
Dose efficace engagée cumulative résultant du projet	0,035	0,044

À titre d'exemple, la dose moyenne lors d'un seul vol transatlantique s'élève à environ 0,040 à 0,050 mSv, ce qui est comparable à la contribution maximale de ce projet résultant des rejets gazeux. La dose est également bien plus faible que la dose de fond moyenne en Belgique (39,81 mSv par 10 ans) [AFCN, 2018]. On peut donc conclure que, pour l'individu le plus exposé à la dose, la dose cumulative due à ce projet est très faible.

Comme l'activité rejetée et la dose efficace engagée résultant des rejets gazeux lors de l'exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO ne devraient pas différer de la situation de départ, ces rejets atmosphériques n'auront pas d'impact significatif sur l'environnement.

3.4.3.3.3 Option zéro

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 seront mises à l'arrêt. Dans l'option zéro, il n'y aura donc aucun rejet d'activité dans l'atmosphère résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2.

La dose efficace engagée résultant de l'exploitation de la CND, sans CND-1 et CND-2, peut être comparée à la situation de départ de l'ensemble du site dont on a soustrait la contribution à la dose résultant de CND-1 et CND-2. La dose efficace engagée annuelle résultant des rejets gazeux dus à l'exploitation de CND-3 et CND-4 uniquement est présentée au Tableau 3-18. La Figure 3-22 présente les rejets gazeux attendus lors de la MAD dans le cadre de l'option zéro.

Tableau 3-18 Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets atmosphériques lors de l'exploitation de la CND dans le cadre de l'option zéro (MAD de CND-1 et CND-2 non comprise)

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Option zéro	0,0038	0,013	0,0085	0,0070	0,0066	0,0064

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Après la mise à l'arrêt, les cœurs des réacteurs et le bassin de stockage de combustible devront toujours être refroidis, ce qui entraînera des rejets gazeux qui seront libérés après avoir traversé plusieurs filtres. La plupart des émissions gazeuses sont attendues pendant la phase 1 de la MAD en raison de l'ouverture du circuit primaire. Un nombre limité de rejets gazeux est en outre attendu pendant les autres phases de la MAD. Tous les radionucléides gazeux seront collectés dans le circuit *Gaseous Waste* (GW). Les radionucléides gazeux seront collectés lors de différentes étapes de filtrage et l'air filtré sera libéré via les puits de ventilation.

En préparation de la MAD, Electrabel a estimé la quantité d'activité gazeuse qui sera libérée pendant la MAD. Cette estimation a été effectuée sur la base des travaux MAD qui ont eu lieu dans des centrales nucléaires allemandes au cours des dix dernières années. Electrabel part du principe que les rejets gazeux suivront une tendance similaire à ceux des centrales nucléaires allemandes. Les rejets gazeux totaux attendus pendant la MAD de CND-1 et CND-2 ont été calculés sur la base de cette estimation. Les résultats sont présentés à la Figure 3-23. Le calendrier suivant a été utilisé (cf. paragraphe 1.1.3 pour le détail des travaux réalisés durant les différentes phases) :

- la phase 1 de la MAD a lieu la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 2 de la MAD a lieu consécutivement la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 3 de la MAD s'étend sur les 2^e, 3^e et 4^e années de la période MAD ;
- la phase 4 de la MAD a lieu la 5^e année de la période MAD.

Notons que le type et la quantité des rejets gazeux dépendent des travaux effectués à un moment donné. Par conséquent, la planification de CND-1 et CND-2 peut différer quelque peu de celle des centrales nucléaires allemandes considérées. Tous les travaux similaires ne sont ainsi pas réalisés en même temps. La tendance à la baisse des rejets gazeux peut donc légèrement fluctuer.



Figure 3-23 Rejets gazeux totaux attendus résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD

La durée de la mise à l'arrêt définitif (MAD) et des travaux correspondants ne différera pas entre la situation du projet et l'option zéro. L'activité rejetée et la dose efficace engagée lors de la MAD ne différeront donc pas non plus entre les deux scénarios. La phase de MAD ne commencera cependant que dix ans plus tard dans la situation du projet.

3.4.3.4 Incidences transfrontalières

Les rejets gazeux sont rejetés dans l'atmosphère et sont portés et dilués par le vent. En fonction de la direction du vent, les radionucléides rejetés atteignent la frontière avec un ou plusieurs pays voisins.

Incidentes de dose à la frontière néerlandaise

De toutes les frontières du pays, la frontière néerlandaise est la plus proche de la CND, à environ 3 km (cf. Figure 3-24).



Figure 3-24 Localisation de la CND par rapport à la frontière belgo-néerlandaise et points de mesure

Sur la base des rejets atmosphériques de l'ensemble de la CND et de CND-1 et CND-2 en 2014, la dose efficace engagée a été calculée, à l'aide d'une méthode acceptée par l'AFCN, pour la zone frontalière néerlandaise la plus proche, à environ 3 km au nord-ouest de CND-1 et CND-2, et ce pour six catégories d'âge différentes. Les résultats relatifs à la dose engagée annuelle sont résumés au Tableau 3-19 et au Tableau 3-20, respectivement [Tractebel, 2020b]. Les calculs pour l'année 2014 montrent que la dose efficace engagée est bien inférieure à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées et reste donc bien en deçà de la limite de 1 mSv par an. Au cours des années de la situation de départ, les rejets gazeux ne varient pas dans une mesure qui permette de prévoir une variation significative de la dose efficace engagée à la frontière néerlandaise.

Tableau 3-19 Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets atmosphériques de l'ensemble de la CND en 2014

	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2014	0,00075	0,0024	0,0016	0,0013	0,0012	0,0012
Sur la base des limites autorisées	0,016	0,018	0,016	0,015	0,0150	0,015

Tableau 3-20 Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 en 2014.

	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	< 17 ans
2014	0,00026	0,00076	0,00052	0,00042	0,00042	0,00040
Sur la base des limites autorisées	0,0075	0,0086	0,0076	0,0068	0,0071	0,0067

L'article 9.2.1 du décret néerlandais du 23 octobre 2017 fixant les règles de protection des personnes contre les dangers de l'exposition aux rayonnements ionisants (Bbs) stipule que la dose maximale résultant de l'exploitation d'une installation nucléaire pour un membre de la population néerlandaise ne peut excéder 0,1 mSv par an. Bien qu'il s'agisse de la limite de dose néerlandaise pour les rejets liquides et gazeux et pour le rayonnement direct, la dose résultant des rejets gazeux dus à la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est, comme décrit dans ce paragraphe, bien inférieure à cette limite. L'impact de l'ensemble du projet, en ce compris les rejets liquides et le rayonnement direct, est décrit au paragraphe 3.4.8.

Incidences de dose à la frontière avec d'autres pays voisins

La dose efficace engagée a également été calculée pour les autres pays voisins (France, Allemagne, Luxembourg et Royaume-Uni) sur la base de la distance entre la frontière concernée et la CND. Ces frontières se trouvent à une distance bien plus grande de la CND que la frontière néerlandaise, à savoir respectivement environ 97 km, 117 km, 177 km et 195 km. Les calculs réalisés selon les modèles de dispersion utilisés à cet effet montrent que la dose efficace engagée aux frontières de la France, de l'Allemagne, du Luxembourg et du Royaume-Uni est nettement inférieure et reste donc largement en deçà de la limite de 1 mSv par an [Tractebel, 2020b]. Le résultat de ces calculs est présenté au Tableau 3-21 pour CND-1 et CND-2 et au Tableau 3-22 pour la CND.

Tableau 3-21 Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 sur la base des limites de rejet pour les frontières avec la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni

	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
France	0,00078	0,00089	0,00079	0,00071	0,00074	0,00070
Allemagne	0,00069	0,00079	0,00070	0,00063	0,00066	0,00062
Luxembourg	0,00053	0,00061	0,00054	0,00048	0,00051	0,00049
Royaume-Uni	0,00050	0,00057	0,00051	0,00046	0,00048	0,00045

Tableau 3-22 Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de la CND sur la base des limites de rejet autorisées pour les frontières avec la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni

	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
France	0,0011	0,0013	0,0011	0,0097	0,0010	0,00096
Allemagne	0,00097	0,0011	0,00098	0,00086	0,00091	0,00085
Luxembourg	0,00075	0,00087	0,00075	0,00066	0,00070	0,00065
Royaume-Uni	0,00070	0,00082	0,00071	0,00062	0,00066	0,00061

3.4.3.5 Suivi

La surveillance radiologique sur le territoire belge est effectuée périodiquement par l'AFCN. Des mesures sont effectuées, notamment pour les zones situées à proximité des sites nucléaires. On peut ainsi évaluer si la qualité de l'environnement reste satisfaisante du point de vue de la radioactivité. En ce qui concerne la surveillance des substances radioactives libérées dans l'atmosphère par les rejets gazeux, les éléments suivants sont échantillonnés et analysés périodiquement :

- l'air ambiant (aérosols dans l'atmosphère, gaz) ;
- l'eau de pluie (précipitation des aérosols et des gaz dans l'atmosphère) ;
- le sol (dépôts atmosphériques) ;
- l'herbe (dépôts atmosphériques, transfert de la radioactivité du sol via les racines) ;
- le lait (transfert de la radioactivité du fourrage au bétail).

Ces mesures sont effectuées à différentes distances d'un site nucléaire. Dans le cadre de la surveillance radiologique sur le territoire belge, plus de 4 660 échantillonnages sont actuellement réalisés chaque année, sur lesquels 28 000 analyses de radioactivité alpha, bêta et gamma sont effectuées.

Le site de Doel est situé le long de l'Escaut, qui fait partie du bassin de l'Escaut et de la Nete. Plus de 1 230 échantillons sont prélevés chaque année dans l'ensemble du bassin, sur lesquels plus de 3 730 mesures de radioactivité sont effectuées. Le programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut à proximité du site de Doel est présenté au Tableau 3-23.

Tableau 3-23 Programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut et de la Nete [AFCN, 2019a]

Compartment	Type de mesure	Fréquence de l'échantillonnage
Atmosphère		
Particules	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	Toutes les 4 semaines
	Spectrométrie β totale (sur filtres papier, après 5 jours de décomposition)	Tous les jours
Dépôt en surface (bacs)	Spectrométrie γ (eau non traitée) : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	Toutes les 4 semaines
	Spectrométrie β totale, α totale, ^3H , ^{90}Sr (eau filtrée)	Toutes les 4 semaines
	Spectrométrie β totale, α totale (précipitation par filtration)	Toutes les 4 semaines
Sol		
Pâturage permanent (colluvion-0,125 m ² à ~15 cm de profondeur + herbe courte)	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	Tous les ans

Dans les rapports de synthèse de l'AFCN [AFCN,2013] [AFCN,2014] [AFCN,2015] [AFCN,2016] [AFCN,2017] [AFCN,2018a] [AFCN,2019a], l'AFCN conclut que la centrale nucléaire de Doel n'a pas d'impact radiologique mesurable sur l'atmosphère.

3.4.3.6 Mesures d'atténuation

Sur la base des données disponibles, les rejets gazeux de CND-1 et CND-2 n'ont pas d'impact significatif sur l'environnement et aucune mesure d'atténuation n'est nécessaire.

3.4.3.7 Lacunes de connaissances

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences des rejets gazeux radioactifs de ce projet, en dépit du fait que des données exactes ne sont pas toujours disponibles pour savoir de laquelle des quatre unités proviennent les rejets du WAB. Dans le cadre de la présente évaluation, on suppose que 50 % de l'activité atmosphérique rejetée provenant du WAB résulte de l'exploitation de CND-1 et CND-2, et cette partie leur a donc été attribuée [Tractebel, 2019c].

3.4.3.8 Conclusions

Du fait du projet (prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2), les rejets gazeux se produiront pendant plus de dix années supplémentaires. La prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 n'aura pas d'impact négatif sur l'environnement par rapport à la situation de départ, car l'activité annuelle rejetée attendue est comparable à l'activité annuelle rejetée avant le projet LTO. La dose efficace engagée que les membres de la population peuvent subir du fait des rejets gazeux est donc bien inférieure à la limite de dose et n'aura pas d'impact significatif sur la population.

Dans l'option zéro, la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 entraînera moins de rejets gazeux radioactifs, mais la différence avec la situation de départ et avec la situation du projet est négligeable.

L'exploitation de la CND n'a pas d'impact significativement mesurable sur le territoire néerlandais ni sur le territoire des autres pays frontaliers de la Belgique, de sorte que d'autres incidences transfrontalières résultant des rejets atmosphériques peuvent être exclues.

3.4.4 Rejets liquides radioactifs

Au cours de l'exploitation de la CND, des substances radioactives peuvent se retrouver dans l'Escaut.

L'essentiel de l'activité se situe dans le système de refroidissement primaire, un circuit fermé dans lequel l'eau de refroidissement traverse le cœur du réacteur pour le refroidir, après quoi la chaleur produite est évacuée vers des générateurs de vapeur. Dans les générateurs de vapeur, la chaleur est transférée à l'eau de refroidissement secondaire sans contact direct entre l'eau de refroidissement primaire et secondaire. Par conséquent, toute l'activité restera dans l'eau de refroidissement primaire et l'eau de refroidissement secondaire ne contiendra pas d'activité accrue. L'eau de refroidissement primaire refroidie peut ensuite être utilisée à nouveau pour refroidir le cœur.

L'eau de refroidissement secondaire est transformée en vapeur dans le générateur de vapeur, ce qui entraîne une turbine pour produire de l'électricité. Comme l'eau de refroidissement secondaire n'entre jamais en contact direct avec l'eau de refroidissement primaire, l'eau de refroidissement secondaire ne contiendra aucun élément radioactif. La chaleur résiduelle dans l'eau de refroidissement secondaire est néanmoins transférée à l'eau de refroidissement tertiaire, qui est finalement déversée dans l'Escaut. Cette double barrière (primaire-secondaire et secondaire-tertiaire) empêche la radioactivité de se retrouver dans l'Escaut via l'eau de refroidissement.

La centrale nucléaire de Doel rejette cependant bien de la radioactivité dans l'Escaut. Il s'agit principalement d'eau de traitement collectée à l'intérieur de l'installation, par exemple l'eau primaire lors des travaux sur les systèmes à eau de refroidissement primaire, l'eau collectée par les drains de plancher au sein de la zone radiologique ou l'eau de douche et de lavage. Afin de minimiser la quantité de radioactivité rejetée, toutes les eaux potentiellement contaminées au sein de la centrale sont collectées et transportées via des galeries souterraines vers le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB).

Dans le WAB, les eaux sont collectées en fonction de leurs propriétés et de leur origine et sont réutilisées lorsque cela est possible [Tractebel, 2010a]. L'activité présente est éliminée autant que possible de l'eau par des techniques telles que l'évaporation, après quoi les concentrés radioactifs sont éliminés comme des déchets radioactifs solides. Les condensats restants, presque inactifs, sont collectés dans un réservoir de contrôle, d'où ils sont finalement déversés dans l'Escaut.

Toutefois, avant que les condensats ne soient déversés, des échantillons sont prélevés et analysés dans des laboratoires spécialisés afin de déterminer la radioactivité résiduelle des condensats, principalement par spectrométrie gamma et analyses de tritium (^3H). Dès que l'on détermine que le rejet éventuel est conforme aux limites d'autorisation, qui sont fixées spécifiquement pour la CND sur la base des limites légales et d'autres restrictions techniques, les condensats sont rejetés dans l'Escaut via un point de déversement unique. Des mesures de contrôle sont également effectuées pendant le rejet. Toute activité

rejetée est enregistrée et testée en permanence par rapport aux limites de rejet en vigueur [Electrabel, 2013a].

L'activité rejetée sera emportée par le courant de l'Escaut et se déversera finalement dans la mer du Nord. Une partie de l'activité rejetée se déposera toutefois localement. En raison de la dilution, la concentration d'activité dans l'eau diminue rapidement à mesure que la distance par rapport au point de déversement augmente. Néanmoins, le rejet peut conduire à une dose efficace engagée (la dose totale reçue par une personne sur une période d'au moins 50 ans résultant d'une seule prise) pour l'homme, ainsi que pour la flore et la faune. Afin de déterminer l'impact des rejets liquides sur l'environnement, il faut examiner à la fois l'activité totale rejetée et la dose efficace engagée pour la population.

3.4.4.1 Méthodologie

Avant d'être rejetés dans l'Escaut, les condensats sont échantillonnés et analysés. L'activité totale et le tritium (^3H) sont tous les deux mesurés. Si l'activité mesurée est en dessous des limites internes, les condensats sont rejetés dans l'Escaut via le point de déversement. Ces limites sont données au Tableau 3-24. Étant donné que tous les liquides potentiellement radioactifs sont collectés dans le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiment WAB), cette limite est valable pour l'ensemble du site et concerne donc l'exploitation de CND-1, CND-2, CND-3, CND-4 ainsi que le WAB.

La limite pour le ^3H est plus élevée que la limite pour l'activité totale, tritium exclus. Cette différence est due au fait que le ^3H est principalement présent sous forme d'eau tritiée (HTO ou $[^3\text{H}]\text{HO}$) et ne peut donc pas être séparée de l'eau non contaminée. Étant donné que le ^3H se désintègre sous l'émission pure de particules β avec une énergie relativement faible ($\leq 18,6$ keV), le ^3H a un coefficient de conversion de dose relativement faible ($1,8 \cdot 10^{-11}$ Sv Bq^{-1} pour l'ingestion d'eau). En d'autres termes, le ^3H a un impact limité sur l'environnement par rapport à la plupart des autres radionucléides.

Les données relatives à la radioactivité liquide rejetée dans l'Escaut pour la situation de départ (2014) ainsi que pour les années précédentes (2012-2013) sont issues des rapports annuels d'Electrabel [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b]. Le Tableau 3-24 présente les limites de rejet autorisées [Electrabel, 2013a].

Tableau 3-24 Activités autorisées pour les rejets d'eau provenant de la CND

Nucléide	Autorisation de rejet de la CND [TBq/12 mois]
Tous (sauf ^3H)	1,48
^3H	103,6

Le long de l'Escaut et du bassin de la Nete qui la précède, plusieurs installations déversent dans l'eau du fleuve des rejets liquides pouvant contenir des radionucléides. Ces nucléides peuvent provenir de sites nucléaires tels que le SCK•CEN, Belgoprocess, Belgonucleaire et FBFC International à Mol et Dessel. Plusieurs sites non nucléaires peuvent également rejeter des radionucléides dans l'Escaut, comme les hôpitaux des grandes agglomérations (e.a. Anvers) et l'ancienne usine de phosphate alimentaire dans la région de Tessenderlo (Figure 3-25). Tous les radionucléides seront fortement dilués et finalement emportés par le courant de l'Escaut le long de la CND vers la mer du Nord. Du fait de la présence de ces installations, divers radionucléides sont attendus dans l'Escaut à proximité de la CND : ^3H , ^7Be , ^{40}K , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{99}Tc , ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{144}Ce ,

^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu et ^{241}Am [AFCN, 2015]. Notons que ce sont surtout les éléments naturellement présents dans le sol (^{40}K et, dans une moindre mesure, ^{226}Ra et ^{228}Th) qui sont responsables de la présence de radioactivité dans l'Escaut [AFCN, 2015].

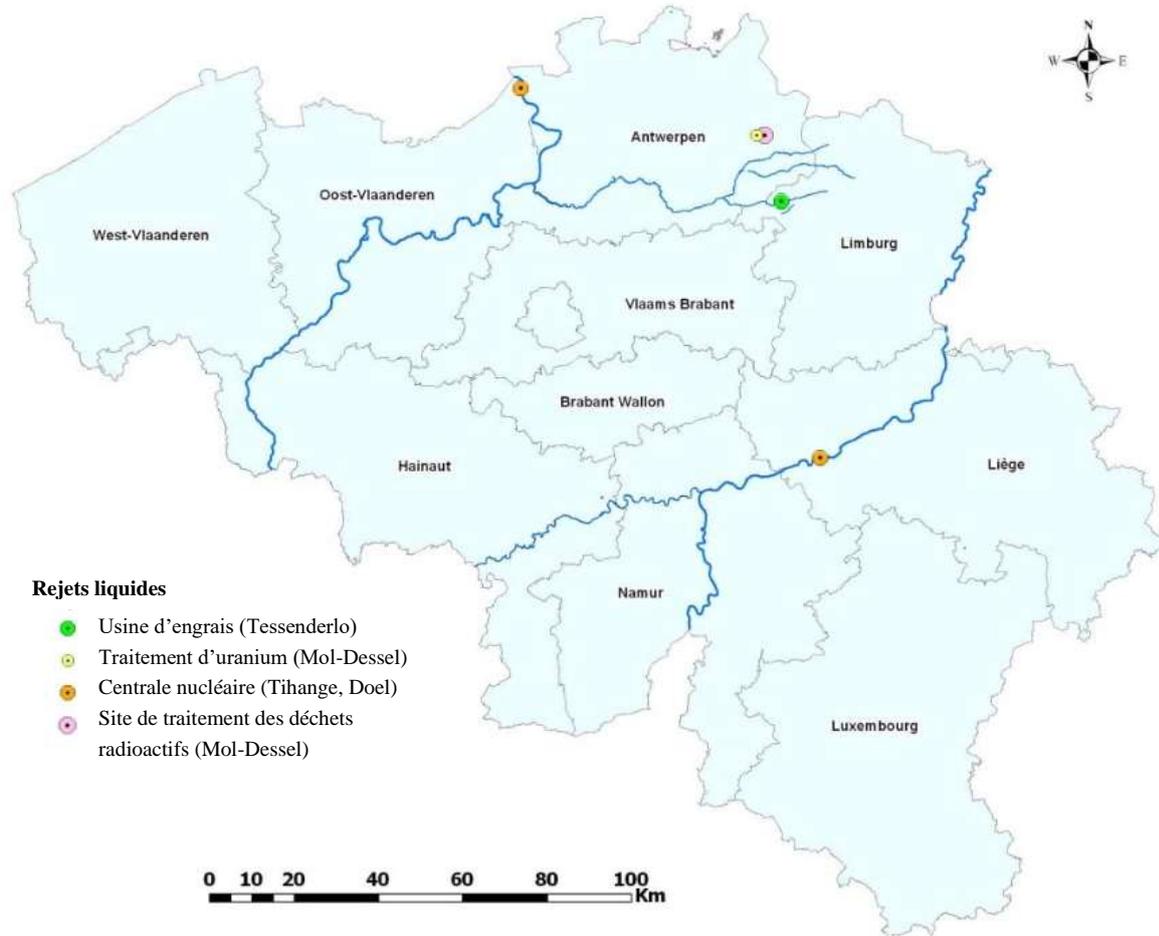


Figure 3-25 Emplacement des installations nucléaires susceptibles de déverser des rejets liquides radioactifs [AFCN, 2015]

Bien que l'activité rejetée soit fortement diluée en raison du grand volume d'eau et du courant de l'Escaut, elle peut entraîner une dose efficace engagée, mais extrêmement limitée, pour les membres de la population. Plusieurs modes d'exposition peuvent être envisagés :

- ingestion (exposition interne) :
 - eau potable,
 - poisson,
 - lait et viande provenant du bétail contaminé par l'eau potable, et
 - aliments contaminés par l'eau d'irrigation ;
- exposition externe :
 - transports maritimes professionnels,
 - repos sur les rives, et
 - repos sur les matériaux issus des activités de dragage.

Étant donné que le bétail ne boit pas d'eau de l'Escaut, l'ingestion de lait et de viande n'est pas prise en compte. Vu que l'eau de l'Escaut n'est pas non plus utilisée pour l'irrigation en raison de sa forte teneur en sel, l'ingestion d'aliments contaminés par l'eau d'irrigation n'est pas non plus prise en considération [Tractebel, 2015a].

Une directive établie par la *United States Nuclear Regulatory Commission (US-NRC) (Regulatory guide 1.109)* est appliquée déterminer la dose efficace engagée pour ces modes d'expositions [NRC, 1977]. La dose est calculée pour six catégories d'âge différentes (<1 an, 1-2 ans, 2-7 ans, 7-12 ans, 12-17 ans et > 17 ans) selon un rapport publié par la Commission internationale de protection radiologique (ICRP) [ICRP, 1995]. Cette méthodologie a été adaptée au contexte belge par l'AFCN et a été définie dans les « Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique » [AFCN, 2013a].

Sur la base des données mesurées relatives à la quantité d'activité rejetée, il est possible de calculer l'incorporation de différents radionucléides via les différents modes d'exposition pour les différentes catégories d'âge. Ce calcul tient compte d'une personne qui passe toute l'année sur les berges présentant le dépôt d'activité le plus élevé et qui consomme des aliments présentant le degré de contamination le plus élevé. La dose calculée sera donc une large surestimation de la dose réaliste.

La dose maximale admissible qu'un membre de la population peut recevoir du fait de l'exploitation d'une installation nucléaire s'élève à 1 mSv par an [RGPRI]. La dose efficace engagée pour un membre de la population résultant de l'exploitation de la CND se compose de trois éléments : les rejets liquides, les rejets atmosphériques et le rayonnement direct. Selon la méthode précédemment citée et approuvée par l'AFCN, la dose efficace engagée maximale est calculée sur la base des limites de rejet liquide, qui sont présentées au Tableau 3-25 [Electrabel, 2015a].

Tableau 3-25 Dose efficace engagée due aux rejets liquides de la CND par rapport aux limites de rejet

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets autorisés de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Rejets liquides	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Outre l'enregistrement de la radioactivité rejetée dans l'Escaut, une campagne annuelle d'échantillonnage et d'analyse de l'environnement autour du site de Doel est réalisée chaque année sur l'ordre d'Electrabel. Des échantillons de sédiment et de fucus (algues) sont prélevés dans l'Escaut, à deux endroits où on attend la concentration d'activité la plus élevée, à environ 1 km et 6,5 km du point de déversement. À titre de vérification, un échantillon est également prélevé à environ 50 km en amont (Figure 3-26). Les échantillons prélevés sont traités dans un laboratoire de radioanalyse et analysés pour détecter la présence de radionucléides. Les résultats de ces campagnes donnent un aperçu de l'incorporation réelle des radionucléides dans l'environnement.

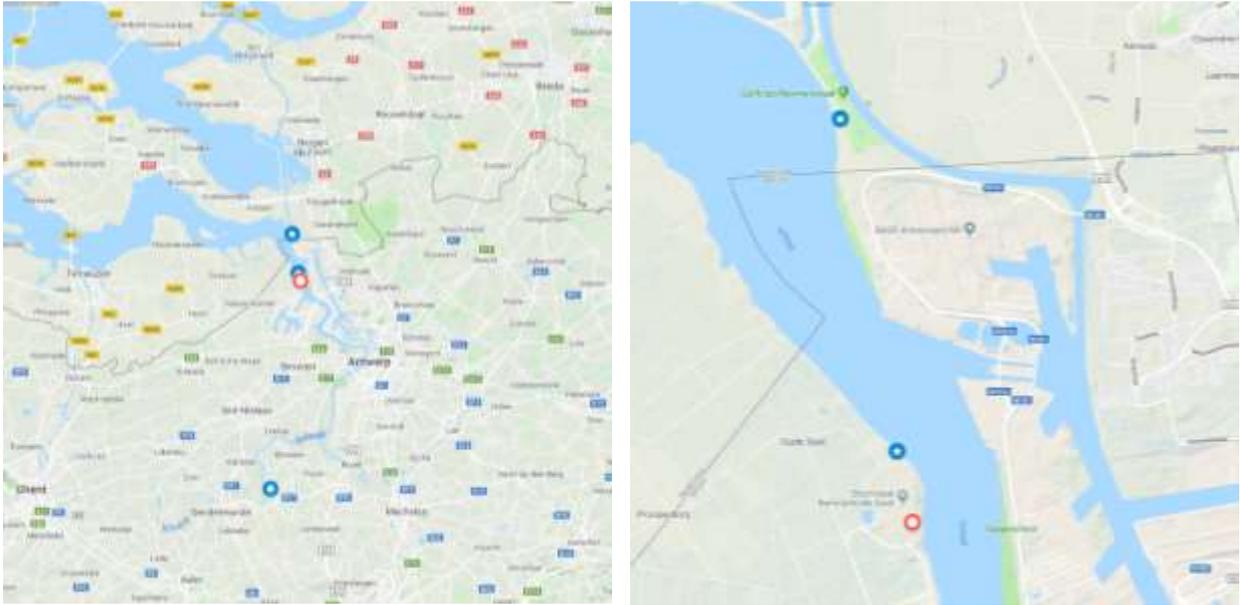


Figure 3-26 Emplacement des prélèvements d'échantillons de sédiments et de fucus dans l'Escaut

3.4.4.2 Situation de départ

L'activité annuelle rapportée qui est rejetée dans l'Escaut après traitement dans le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (bâtiments WAB) est présentée au Tableau 3-26 [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b]. Le Tableau 3-26 montre à la fois l'activité totale rejetée de l'ensemble du site (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4 et WAB) et l'activité calculée rejetée due à l'exploitation de CND-1 et CND-2. On suppose que l'activité totale rejetée résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 ($A_{CND1\&2}$) est constituée de la somme de l'activité possible rejetée directement par les unités via l'eau de refroidissement secondaire (A_{CND1} et A_{CND2}) et de 1/3 [Tractebel, 2019d] de l'activité totale rejetée du site depuis le WAB (A_{WAB}), soit la part attribuée à CND-1 et CND-2 :

$$A_{CND1\&2} = A_{CND1} + A_{CND2} + \frac{1}{3} \cdot A_{WAB}$$

L'activité annuelle rejetée dépend de nombreux facteurs, tels que les travaux effectués et la période de production. Il n'est donc pas possible d'établir une prévision précise de l'activité qui sera rejetée. Les activités rejetées au cours de la situation de départ (2012-2014) sont néanmoins bien inférieures aux limites de rejet autorisées.

Tableau 3-26 Activité rejetée de tritium (^3H) et de tous les autres nucléides à l'exclusion du tritium résultant des rejets liquides au cours de la période 2012-2014

Année	Total (sauf ^3H) [GBq]		Tritium [TBq] ¹³	
	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND
2012	2,02	5,77	15,86	47,57
2013	1,24	3,49	12,20	36,61
2014	0,89	2,44	12,23	36,70
Limite de rejet	-	1 480	-	103,60

La quasi-totalité de l'activité rejetée est constituée de tritium, un radionucléide qu'il est pratiquement impossible d'éliminer et qui est donc considéré séparément. Bien que le tritium représente la majorité de l'activité totale rejetée en termes d'activité, il a un coefficient de conversion de dose relativement faible par rapport à de nombreux autres radionucléides. C'est en partie pour cette raison qu'il est important de surveiller également d'autres radionucléides en plus du tritium, afin de pouvoir donner une meilleure estimation de l'impact environnemental réel (dose).

La Figure 3-27 montre une représentation graphique de l'activité rejetée de différents radionucléides en 2014. Ces données montrent que, outre le ^3H , ce sont principalement des produits d'activation (comme $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr et ^{55}Fe) qui sont rejetés, bien que certains produits de fission (e.a. ^{106}Ru) sont également rejetés. La Figure 3-27 indique les sept radionucléides ayant la plus forte activité. Notons que l'activité (en Bq) est donnée en multipliant le nombre de particules (N) par la constante de désintégration (λ) : $A=N\cdot\lambda$. Les radionucléides qui ont une demi-vie courte, et donc une constante de désintégration élevée ($\lambda=\ln(2)/T_{1/2}$), présenteront initialement une activité plus élevée pour un nombre égal de particules. Par conséquent, la Figure 3-27 montre principalement des radionucléides à courte durée de vie, et les radionucléides à longue durée de vie (p. ex. ^{137}Cs) ne sont rejetés qu'à très faibles activités. Comme décrit précédemment pour le tritium, l'activité n'est pas égale à l'impact environnemental/à la dose attendu(e). La composition radiologique des rejets des autres années (2012 et 2013) présente une composition comparable.

¹³ TBq signifie « térabecquerel » ; GBq signifie « gigabecquerel »

1 Tbq = 1 000 GBq = 10^9 Bq

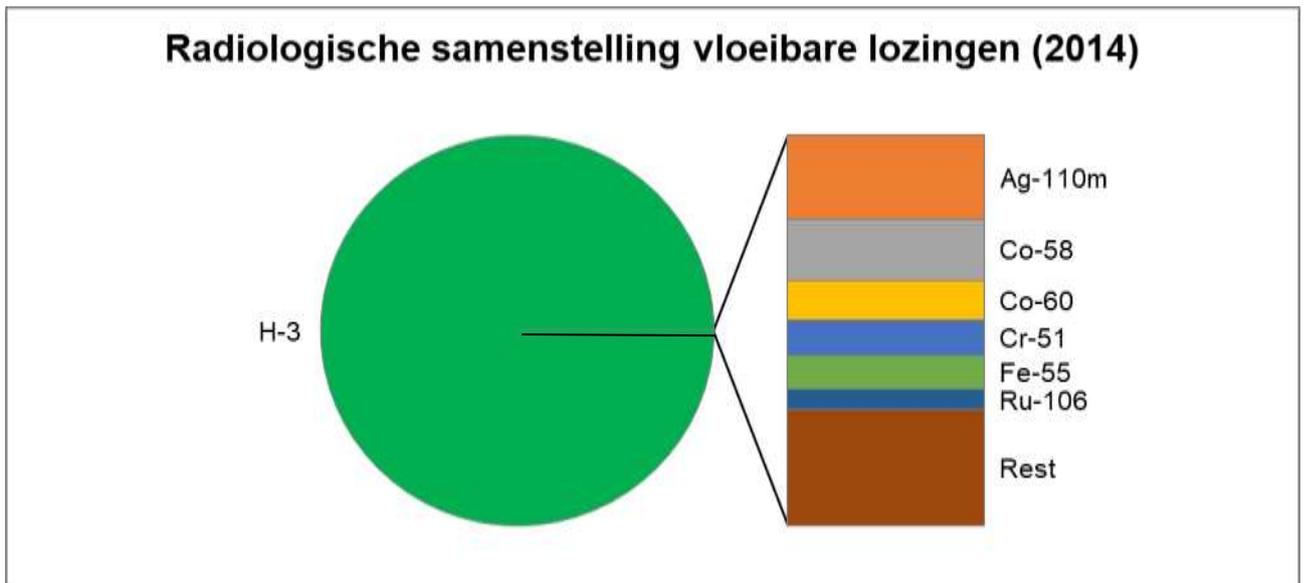


Figure 3-27 Composition radiologique des rejets liquides en 2014 sur la base de l'activité rejetée

Sur la base des données de rejet, la dose efficace engagée pour l'ensemble du site est calculée chaque année pour six catégories d'âge. Les résultats sont résumés au Tableau 3-27 [Tractebel, 2014] [Tractebel, 2014a] [Tractebel, 2015a]. Les calculs sont effectués conformément à la méthode reconnue par l'AFCN précédemment citée. À titre de comparaison, les valeurs limites autorisées, qui ont été calculées sur la base des limites de rejet liquide autorisées, ont été ajoutées données au Tableau 3-27. Tout comme l'activité rejetée, la dose efficace engagée présente une dispersion qui dépend de nombreux facteurs, tels que le type de travaux lors des révisions.

Tableau 3-27 Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge résultant des rejets liquides de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées pour la période 2012-2014

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2012	0,00061	0,00063	0,0011	0,00093	0,00093	0,0011
2013	0,00046	0,00047	0,00077	0,00067	0,00066	0,00077
2014	0,00046	0,00052	0,00064	0,00052	0,00049	0,00060
Sur la base des limites autorisées	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Chez les jeunes enfants (< 2 ans) en particulier, le ³H représente la contribution la plus élevée à la dose collective (> 90 %), alors que chez les enfants plus âgés (> 7 ans) et les adultes, ce sont les émetteurs β et γ qui ont une contribution significative (Figure 3-28). Les radionucléides émetteurs α rejetés n'entraînent pas une dose engagée significative pour les différentes catégories d'âge (maximum 1 %).

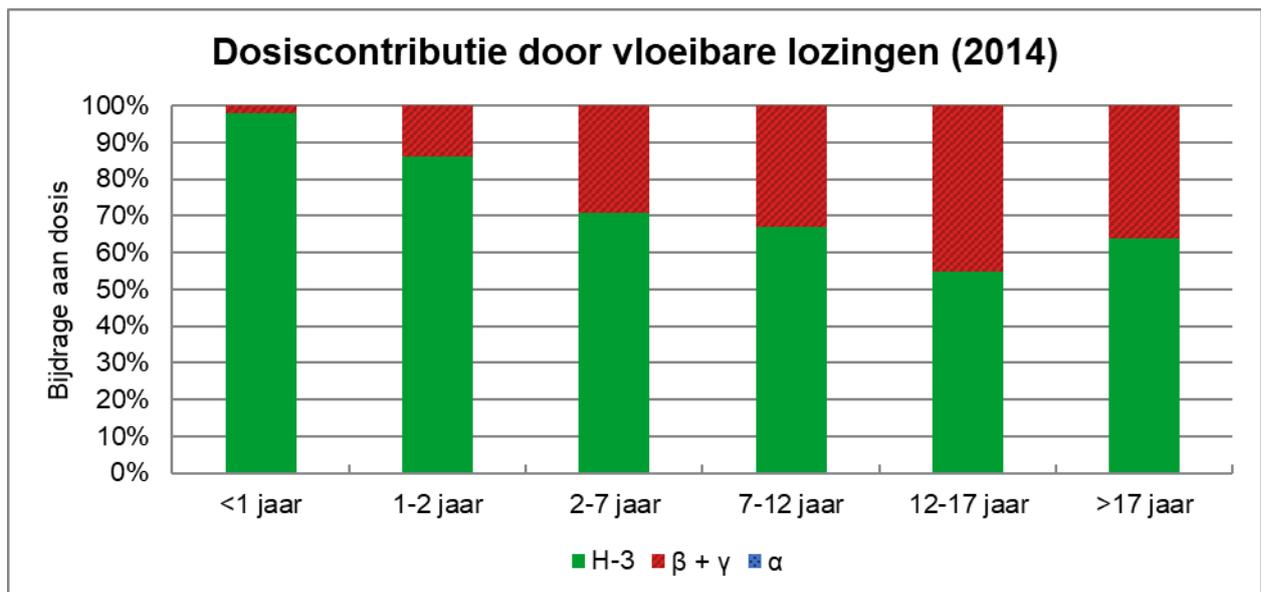


Figure 3-28 Contribution des différents types de radionucléides à la dose efficace engagée résultant des rejets liquides en 2014

Sur la base du programme de suivi interne d'Electrabel avec l'aide du SCK•CEN, des échantillons sont prélevés chaque année pour vérifier les sédiments et le fucus (algues) à proximité de la CND (Figure 3-26). Ceux-ci sont analysés pour détecter la présence de ⁶⁰Co, ⁹⁵Nb, ^{110m}Ag, ¹³¹I, ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs ; le fucus est également analysé pour détecter la présence de ³H et ¹⁴C. Dans les résultats du programme de suivi interne 2014 d'Electrabel, aucun des radionucléides analysés n'a été détecté dans les échantillons analysés, à l'exception de ¹⁴C (fucus), ⁶⁰Co (sédiment) en ¹³⁷Cs (sédiment et fucus).

Dans deux des échantillons de sédiments, une hausse de l'activité de ¹³⁷Cs a été enregistrée par rapport à la limite de détection. Cela concerne aussi bien un échantillon prélevé à proximité de la CND (sédiment-2) que l'échantillon de référence. En raison de la faible augmentation de l'activité de ¹³⁷Cs, l'origine exacte ne peut être déterminée, car le ¹³⁷Cs est toujours présent dans l'environnement depuis les explosions d'armes nucléaires en surface et l'accident de Tchernobyl [AFCN, 2018]. Néanmoins, le programme de suivi interne d'Electrabel conclut que la concentration d'activité mesurée est très faible et est conforme au programme de surveillance belge des rejets radioactifs de la CND ; et que ces rejets n'ont pas d'impact significativement mesurable sur la population humaine (cf. aussi paragraphe 3.4.4.5).

De récentes études menées par l'IAEA dans le cadre du programme MODARIA II ont démontré que si les rejets réguliers ont un impact radiologique négligeable sur l'homme, cela implique qu'il n'y a pas non plus d'impact nocif sur la flore et la faune [Tractebel, 2020c]. Un examen plus approfondi des incidences sur la flore et la faune n'a donc aucune valeur ajoutée dans le cadre du projet et de l'option zéro. Les résultats du programme de surveillance radiologique, dans le cadre duquel divers échantillons de flore et de faune ont été analysés, confirment que la centrale nucléaire de Doel n'a pas d'impact radiologique mesurable sur l'Escaut (cf. paragraphe 3.4.4.5).

En plus du ⁶⁰Co et du ¹³⁷Cs, du ¹⁴C a également été détecté dans le fucus, dont la concentration d'activité est conforme à l'activité naturelle du ¹⁴C dans les organismes vivants [Chopin, 2013]. Les sédiments

n'ont pas été analysés pour le ^{14}C . Les résultats d'analyse des échantillons environnementaux sont présentés au Tableau 3-28.

Tableau 3-28 Résultats d'analyse des sédiments et du fucus analysés à proximité de la CND (2014)

	^{14}C [Bq/g]	^{60}Co [Bq/kg]	^{137}Cs [Bq/kg]
Sédiment-1	-	< 1,1	< 1,7
Sédiment-2	-	$2,5 \pm 0,4$	$7,3 \pm 1,2$
Sédiment-réf	-	< 0,9	$3,3 \pm 0,6$
Fucus-1	$0,29 \pm 0,05$	< 0,35	$0,35 \pm 0,16$
Fucus-2	$0,22 \pm 0,04$	< 0,37	< 0,32
Fucus-réf	$0,22 \pm 0,03$	< 0,43	< 0,53

3.4.4.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des rejets liquides sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct.
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : poursuite de l'exploitation après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées au cours de la période (2012-2014 ; situation de départ) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente¹⁴.

3.4.4.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Le rapport de synthèse LTO contient le plan d'action intégré visant à exploiter CND-1 et CND-2 pendant dix ans de plus que ce qui était prévu dans la loi de 2003 sur la sortie du nucléaire. Ce plan d'action a été soumis à l'AFCN pour examen [Electrabel, 2015c]. L'AFCN, en collaboration avec Bel V, a analysé ce plan et cette analyse montre que le projet est réalisable et que la sécurité de CND-1 et CND-2 reste démontrée pendant la période de *Long Term Operation* [AFCN, 2015a]. Les mesures du plan d'action sont mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet. CND-1 et CND-2 sont exploitées par Electrabel durant cette période.

¹⁴ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre au cours de l'exploitation ou seulement lors d'une révision. Les mesures LTO techniques en particulier ne peuvent être mises en œuvre que lors d'une révision, afin d'assurer la sécurité permanente tant de la centrale que des collaborateurs. Étant donné que de nombreux travaux sont également réalisés pendant l'exploitation régulière, on s'attend à ce que les rejets de radionucléides dans l'Escaut pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 ne s'écartent pas de manière significative de l'activité rejetée dans la situation de départ.

Compte tenu du calendrier de cette étude, la quantité d'activité rejetée dans l'Escaut pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est déjà connue. L'activité rejetée de CND-1 et CND-2 et de l'ensemble du site (CND) pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est présentée au Tableau 3-29 [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a]. Tant pour le tritium que pour tous les radionucléides à l'exclusion du tritium, l'activité rejetée réelle ne diffère pas significativement de l'activité moyenne rejetée dans la situation de départ. Les données montrent un léger écart entre les différentes années. Ces fluctuations peuvent être causées par divers facteurs, tels que la nature des travaux et le temps total de production. Les activités rejetées sont largement inférieures à la limite autorisée pendant toute la période (Tableau 3-24).

Tableau 3-29 Activité rejetée de tritium (^3H) et de tous les autres nucléides à l'exclusion du tritium résultant des rejets liquides pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

	Total (sauf ^3H) [GBq]		Tritium [TBq]	
	CND-1&2	CND	CND-1&2	CND
Situation de départ (2012-2014)	1,39	3,90	13,43	40,29
2015	0,97	2,63	6,80	20,41
2016	1,28	3,76	13,94	41,81
2017	1,52	4,25	12,65	37,93
2018	1,08	3,40	11,71	35,14
Limite de rejet	-	1 480	-	103,60

Le Tableau 3-30 présente la dose efficace engagée annuelle pour les six catégories d'âge différentes. Celle-ci est calculée sur la base des activités liquides rejetées [Tractebel, 2017] [Tractebel, 2018] [Tractebel, 2019] [Tractebel, 2019a]. Tout comme l'activité rejetée, la dose efficace engagée présente une dispersion qui dépend de nombreux facteurs, tels que le type de travaux lors des révisions de toutes les unités.

Tableau 3-30 Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge résultant des rejets liquides de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées pour la période 2015-2018

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2015	0,00026	0,00033	0,00046	0,00040	0,00040	0,00046
2016	0,00053	0,00061	0,00086	0,00072	0,00071	0,00084
2017	0,00048	0,00059	0,00084	0,00069	0,00070	0,00082
2018	0,00044	0,00053	0,00074	0,00062	0,00061	0,00072
Sur la base des limites autorisées	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Conformément aux attentes, ni l'activité rejetée ni la dose efficace engagée résultant des rejets liquides provenant de CND-1 et CND-2 et de l'ensemble du site pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 ne diffèrent de la situation de départ (2012-2014). La mise en œuvre des mesures LTO n'a donc pas eu d'impact significatif sur l'environnement.

3.4.4.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, les unités (CND-1 et CND-2) continueront à être exploitées. Au cours de cette exploitation (2019-2025), des travaux auront également lieu pendant les révisions et une certaine activité sera rejetée dans l'Escaut.

Les mesures LTO concernent la réduction des probabilités et des incidences en cas de situation accidentelle. Les mesures n'ont pas d'incidence sur la quantité d'activité rejetée lors de l'exploitation normale. C'est pourquoi il n'y aura en principe pas de différence entre l'exploitation dans la situation de départ et la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025). On s'attend également à ce que l'activité rejetée soit comparable à l'activité rejetée lors de la période (2012-2014) de la situation de départ.

L'activité annuelle rejetée attendue tant pour le tritium (^3H) que pour tous les autres nucléides lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) est représentée graphiquement à la Figure 3-29 pour le tritium et à la Figure 3-30 pour tous les autres radionucléides.

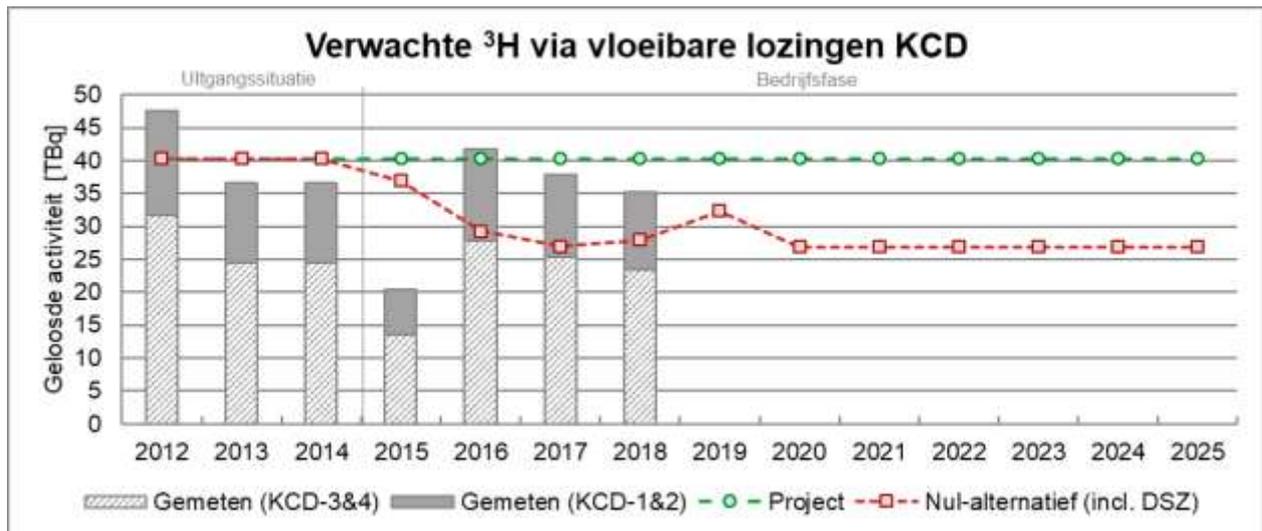


Figure 3-29 Activité rejetée attendue de ³H dans l’Escaut résultant de l’exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l’option zéro. Les barres verticales indiquent l’activité effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.

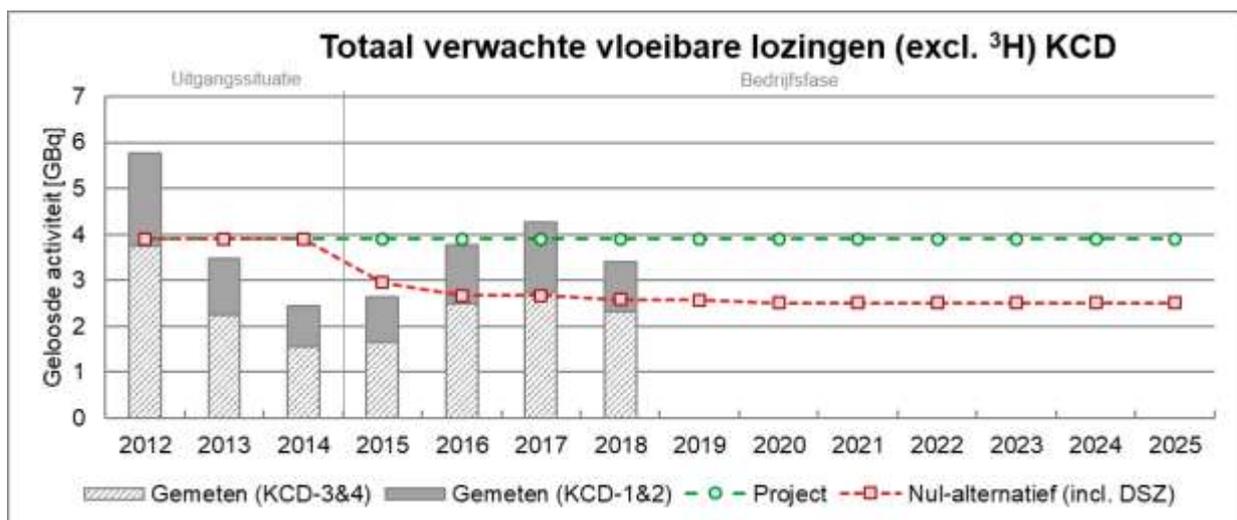


Figure 3-30 Activité rejetée attendue (sauf ³H) dans l’Escaut résultant de l’exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l’option zéro. Les barres verticales indiquent l’activité effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.

Étant donné que l’activité annuelle totale rejetée dans l’Escaut après la mise en œuvre du projet ne différera pas de la situation de départ, la dose efficace engagée résultant de l’exploitation de la CND ne différera pas non plus de la situation de départ. Ceci est résumé au Tableau 3-31 (moyenne de la situation de départ). La dose efficace engagée résultant des rejets liquides est largement inférieure à la limite de dose de 1 mSv par an, une dose reconnue au niveau international comme étant sans incidence significative [IAEA, 2014]. Les rejets liquides contribuent en partie à la dose totale à laquelle un membre de la population peut être exposé du fait de l’exploitation de la CND. La dose totale est décrite au paragraphe 3.4.8.

Tableau 3-31 Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets liquides lors de l’exploitation de la CND dans le cadre du projet

Catégorie d’âge	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Projet (LTO)	0,00051	0,00054	0,00082	0,00070	0,00068	0,00080
Sur la base des limites autorisées	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Incidences cumulatives du projet

La dose cumulative attendue résultant de ce projet peut être considérée comme la différence entre la dose efficace engagée qui se produirait si le projet n’était pas réalisé (et si seules CND-3 et CND-4 étaient exploitées) et la dose engagée qui se produit dans la situation du projet (et donc si CND-1 à CND-4 sont exploitées).

La dose cumulative attendue résultant de ce projet a donc été calculée en soustrayant la dose efficace engagée pour l’ensemble du site dans l’option zéro (0,00053 mSv/an, Tableau 3-33) de la dose annuelle totale résultant de ce projet (0,00080 mSv/an, Tableau 3-31). La dose annuelle résiduelle (0,00027 mSv/an) est la dose résultant de l’exploitation de CND-1 et CND-2. En multipliant cette dose par la période d’exploitation visée, on obtient la dose cumulative totale résultant de ce projet (Tableau 3-32).

La dose cumulative attendue pour un adulte (> 17 ans) résultant du projet s’élève à 0,0031 mSv en raison de l’exploitation de CND-1 et CND-2. Bien que la dose efficace engagée la plus élevée due aux rejets liquides soit encourue par des enfants âgés de 2 à 7 ans, la prolongation de la durée de vie s’étend sur une période plus longue et les enfants passeront par au moins deux catégories d’âge ou plus au cours de cette période. La dose cumulative la plus élevée possible pour les enfants s’élève à 0,0030 mSv en raison de l’exploitation de CND-1 et CND-2. On remarque qu’il n’y a pratiquement aucune différence entre la dose cumulative attendue pour un adulte et la dose attendue la plus élevée pour un enfant (Tableau 3-32).

Tableau 3-32 Dose efficace engagée cumulative attendue due aux rejets liquides dans le cadre de l’exploitation prolongée de CND-1 et CND-2

	Adulte [mSv]	Enfant [mSv]
Dose efficace engagée cumulative résultant du projet	0,0031	0,0030

Cette dose cumulative résultant des rejets liquides est très faible et n’entraînera pas d’incidences significativement mesurables. À titre d’exemple, la dose moyenne lors d’un seul vol transatlantique s’élève à environ 0,040 à 0,050 mSv¹⁵, une simple radiographie de la mâchoire s’élève à 9 µSv et un scanner typique s’élève à 0,978 mSv [AFCN, 2018]. La dose est également bien plus faible que la dose de fond moyenne en Belgique (43,79 mSv pendant le projet) [AFCN, 2018]. Notons que le chiffre de risque fréquemment utilisé de 5,5 % de risque de cancer par Sv (1 000 mSv ou 1 000 000 µSv) [ICRP, 2007]

¹⁵ <https://www.rivm.nl/stralingsbelasting-in-nederland/invloed-van-menselijk-handelen/vliegverkeer> (consulté le 20 février 2020)

n'est valable que pour des doses plus élevées et ne peut être utilisé pour déterminer les risques éventuels liés à de (très) faibles doses.

Comme l'activité rejetée et la dose efficace engagée résultant des rejets liquides lors de l'exploitation régulière après la mise en place des mesures LTO ne devraient pas différer de la situation de départ, ces rejets liquides n'auront pas d'impact significatif sur l'environnement.

3.4.4.3.3 Option zéro

Si le projet n'est pas réalisé, CND-1 et CND-2 seront définitivement mises à l'arrêt en 2015. La dose efficace engagée résultant de l'exploitation de la CND, sans CND-1 et CND-2, peut être comparée à la situation de départ de l'ensemble du site, à laquelle on soustrait la contribution à la dose résultant de CND-1 et CND-2. Restent alors uniquement les rejets de routine de CND-3 et CND-4. L'activité annuelle rejetée dans l'Escaut si le projet n'avait pas lieu est représentée graphiquement à la Figure 3-29 (^3H) et à la Figure 3-30 (total sauf ^3H). La dose efficace engagée annuelle résultant des rejets liquides provenant de l'exploitation de CND-3 et CND-4 uniquement, donc sans CND-1 et CND-2, est présentée au Tableau 3-33.

Tableau 3-33 Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets liquides lors de l'exploitation de la CND dans le cadre de l'option zéro (MAD de CND-1 et CND-2 non comprise)

Catégorie d'âge	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
Option zéro	0,00034	0,00036	0,00054	0,00046	0,00044	0,00053

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Après la cessation de l'exploitation de CND-1 et CND-2, la mise à l'arrêt définitif commencera. Les préparatifs du démantèlement de CND-1 et CND-2 ont lieu durant cette période. Des déchets radioactifs liquides devraient être produits au cours des phases 2, 3 et 4 de la MAD. Il est question de :

- l'eau de traitement utilisée lors de la décontamination chimique ;
- l'eau de traitement du circuit primaire et d'autres circuits dans la zone radiologique ;
- l'eau de traitement du bassin de stockage de combustible et des circuits associés.

Tous ces flux sont collectés et traités dans le WAB. L'activité présente y est éliminée autant que possible de l'eau par des techniques telles que l'évaporation, après quoi les concentrés radioactifs sont éliminés comme des déchets radioactifs solides.

En préparation de la MAD, Electrabel a estimé la quantité d'activité liquide qui sera libérée pendant la MAD. Cette estimation a été effectuée sur la base des travaux MAD qui ont eu lieu dans les centrales nucléaires allemandes au cours des dix dernières années. Electrabel part du principe que les rejets liquides suivront une tendance similaire à ceux des centrales nucléaires allemandes. Les rejets liquides totaux attendus pendant la MAD de CND-1 et CND-2 ont été calculés sur la base de cette estimation et sont présentés à la Figure 3-31 et à la Figure 3-32. Le calendrier suivant a été utilisé (cf. paragraphe 1.1.3 pour le détail des travaux réalisés durant les différentes phases) :

- la phase 1 de la MAD a lieu la 1^{re} année de la période MAD ;

- la phase 2 de la MAD a lieu consécutivement la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 3 de la MAD s'étend sur les 2^e, 3^e et 4^e années de la période MAD ;
- la phase 4 de la MAD a lieu la 5^e année de la période MAD.

Notons que les rejets liquides dépendent des travaux effectués à un moment donné. Par conséquent, la planification de CND-1 et CND-2 peut différer quelque peu de celle des centrales nucléaires allemandes considérées. Tous les travaux similaires ne sont ainsi pas réalisés en même temps. La tendance à la baisse du total des rejets liquides peut donc légèrement fluctuer.

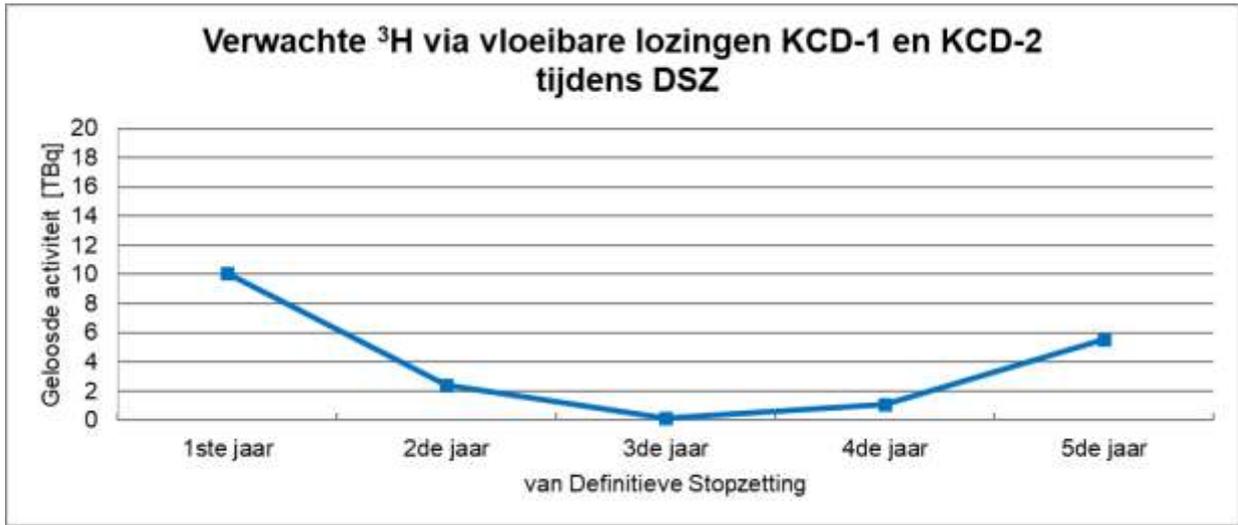


Figure 3-31 Rejets liquides totaux attendus de ³H résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD

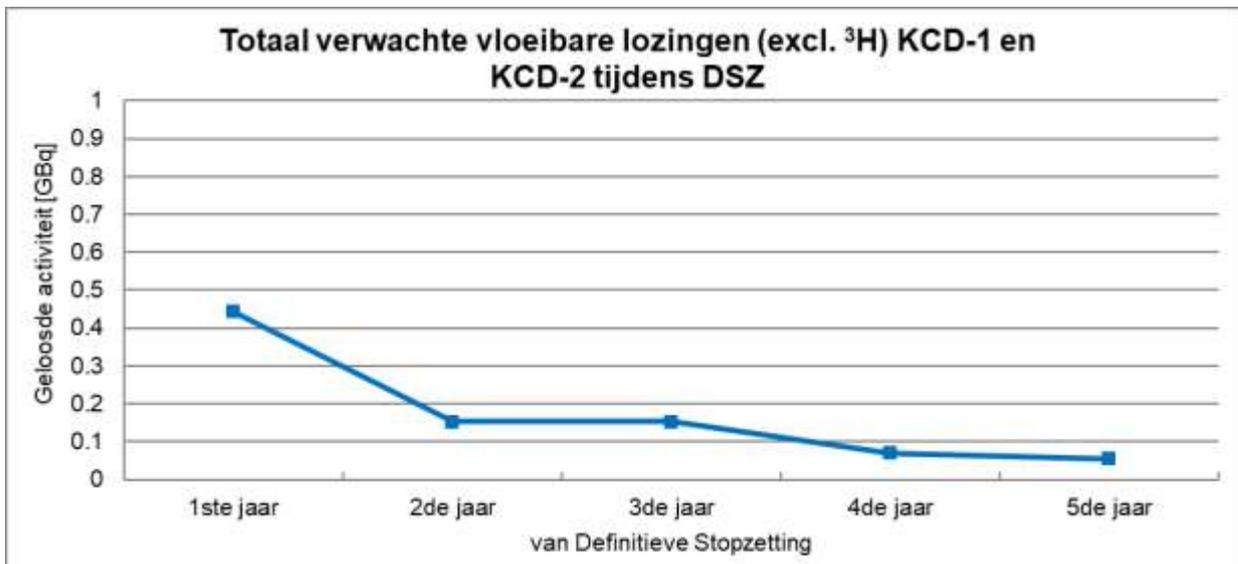


Figure 3-32 Rejets liquides totaux attendus (sauf ³H) résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD

La durée de la MAD et des travaux correspondants ne différera pas entre la situation du projet et l'option zéro. L'activité rejetée et la dose efficace engagée ne différeront donc pas non plus entre les deux scénarios. La phase de MAD ne commencera cependant que dix ans plus tard dans la situation du projet.

3.4.4.4 Incidences transfrontalières

Les rejets liquides sont rejetés dans l'Escaut, qui se jette dans la mer du Nord en passant par le territoire néerlandais.

Incidence de dose à la frontière néerlandaise

La frontière belgo-néerlandaise est située à environ 6 km en aval du point de déversement de la CND, de sorte que les radionucléides rejetés atteindront le territoire néerlandais relativement rapidement après le rejet. On suppose, par prudence, que l'exposition aux radioéléments des rejets liquides à la frontière néerlandaise est identique à l'exposition de la personne la plus exposée à la limite du site de la CND. Il s'agit d'une hypothèse prudente : la frontière néerlandaise étant plus éloignée et les radionucléides libérés étant dilués avant d'atteindre la frontière, l'exposition est moindre.

Sur la base des rejets liquides de l'ensemble de la CND et de CND-1 et CND-2 en 2014, la dose efficace engagée a été calculée, à l'aide d'une méthode acceptée par l'AFCN, pour la zone frontalière néerlandaise pour six catégories d'âge. Les résultats relatifs à la dose engagée annuelle sont résumés au Tableau 3-34 et au Tableau 3-35, respectivement [Tractebel, 2020b]. Les calculs pour l'année 2014 montrent que la dose efficace engagée est bien inférieure à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées et reste donc bien en deçà de la limite de 1 mSv par an. Au cours des années de la situation de départ, les rejets liquides ne varient pas dans une mesure qui permette de prévoir une variation significative de la dose efficace engagée à la frontière néerlandaise.

Tableau 3-34 Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets liquides de l'ensemble de la CND en 2014

	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2014	0,00046	0,00052	0,00064	0,00052	0,00049	0,00060
Sur la base des limites autorisées	0,0080	0,0050	0,20	0,18	0,23	0,23

Tableau 3-35 Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise résultant des rejets liquides de CND-1 et CND-2 en 2014

	Dose efficace engagée résultant des rejets liquides de CND-1 et CND-2 [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2014	0,00014	0,00016	0,0002	0,00016	0,00016	0,00020
Sur la base des limites autorisées	0,0027	0,0017	0,066	0,060	0,076	0,076

L'article 9.2.1 du décret néerlandais du 23 octobre 2017 fixant les règles de protection des personnes contre les dangers de l'exposition aux rayonnements ionisants (Bbs) stipule que la dose maximale résultant de l'exploitation d'une installation nucléaire pour un membre de la population néerlandaise ne peut excéder 0,1 mSv par an. Bien qu'il s'agisse de la limite de dose néerlandaise pour les rejets liquides et gazeux et pour le rayonnement direct, la dose résultant des rejets liquides dus à la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est, comme décrit dans ce paragraphe, bien inférieure à cette limite. L'impact de l'ensemble du projet, en ce compris les rejets liquides et le rayonnement direct, est décrit au paragraphe 3.4.8.

Incidences de dose à la frontière avec d'autres pays voisins

Pour les autres pays frontaliers (France, Allemagne, Luxembourg et Royaume-Uni), les doses résultant des rejets liquides radioactifs dans l'Escaut sont plus difficiles à évaluer que pour les rejets atmosphériques, parce que la route de transport vers ces pays frontaliers est complexe, et que la dispersion des rejets radioactifs dans l'eau est plus localisée et plus sujette aux conditions locales que les rejets atmosphériques. Compte tenu de la distance entre la CND et la frontière des autres pays, les doses résultant des rejets liquides peuvent être considérées comme négligeables [Tractebel, 2020b].

3.4.4.5 Suivi

La surveillance radiologique sur le territoire belge est effectuée périodiquement par l'AFCN. Des mesures sont effectuées, notamment pour les zones situées à proximité des sites nucléaires. On peut ainsi évaluer si la qualité de l'environnement reste satisfaisante du point de vue de la radioactivité. En ce qui concerne la surveillance des substances radioactives libérées dans l'atmosphère par les rejets liquides, les éléments suivants sont échantillonnés et analysés périodiquement :

- l'eau proprement dite (concentration de la radioactivité dans le cours d'eau) ;
- les sédiments (dépôt de radioactivité dans le lit du cours d'eau) ;
- les algues, les plantes aquatiques (transfert de la radioactivité de l'eau à la flore aquatique) ;
- les poissons, les crustacés (transfert de la radioactivité de l'eau à la faune aquatique).

Ces mesures sont effectuées en amont et en aval du point de déversement, à différentes distances d'un site nucléaire. Les échantillons prélevés en amont peuvent servir de référence pour évaluer l'empreinte radiologique de l'installation concernée par rapport au rayonnement de fond naturel dans l'environnement.

Dans le cadre de la surveillance radiologique sur le territoire belge, plus de 4 660 échantillonnages sont actuellement réalisés chaque année, sur lesquels 28 000 analyses de radioactivité alpha, bêta et gamma sont effectuées.

Le site de Doel est situé le long de l'Escaut, qui fait partie du bassin de l'Escaut et de la Nete. Plus de 1 230 échantillons sont prélevés chaque année dans l'ensemble du bassin, sur lesquels plus de 3 730 mesures de radioactivité sont effectuées. Le programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut à proximité du site de Doel est présenté au Tableau 3-36.

Tableau 3-36 Programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut et de la Nete [AFCN, 2019a]

Compartiment	Type de mesure	Fréquence de l'échantillonnage
Sol		
Pâturage permanent (colluvion-0,125 m ² à ~15 cm de profondeur + herbe courte)	Spectrométrie γ : ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ¹⁴¹⁻¹⁴⁴ Ce, ¹⁰³⁻¹⁰⁶ Ru, ⁹⁵ Zr, ⁹⁵ Nb, ²²⁶ Ra, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th	Tous les ans
Fleuve		
Eau	Spectrométrie γ : ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ¹⁴¹⁻¹⁴⁴ Ce, ¹⁰³⁻¹⁰⁶ Ru, ⁹⁵ Zr, ⁹⁵ Nb, ²²⁶ Ra	Toutes les 2 semaines
	Spectrométrie β totale, α totale, ³ H, ⁴⁰ K	Toutes les 2 semaines
Sédiments	Spectrométrie γ : ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th	Toutes les 4 semaines

Crevettes (estuaire en aval de Doel (Kieldrecht))	Spectrométrie γ : ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	Tous les 3 mois
Mytilidés, algues (mer du Nord - Hoofdplaat & Kloosterzande)	^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H organique, (^{99}Tc pour les algues)	Tous les 3 mois

Dans les rapports de synthèse de l'AFCN [AFCN,2013] [AFCN,2014] [AFCN,2015] [AFCN,2016] [AFCN,2017] [AFCN,2018a] [AFCN,2019a], l'AFCN conclut que la centrale nucléaire de Doel n'a pas d'impact radiologique mesurable sur l'Escaut.

3.4.4.6 Mesures d'atténuation

Les installations de CND-1 et CND-2 à l'égard des rejets liquides sont telles que les critères applicables sont amplement respectés. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est donc nécessaire.

3.4.4.7 Lacunes de connaissances

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences des rejets liquides radioactifs, en dépit du fait que des données exactes ne sont pas toujours disponibles pour savoir de laquelle des quatre unités proviennent les rejets du WAB. Dans le cadre de la présente évaluation, on suppose que $\frac{1}{3}$ de l'activité liquide rejetée provenant du WAB résulte de l'exploitation de CND-1 et CND-2, et cette partie leur a donc été attribuée [Tractebel, 2019c].

3.4.4.8 Conclusions

Du fait du projet, les rejets de liquides contaminés par la radioactivité se produiront pendant plus de dix années supplémentaires. La prolongation de la durée de vie de CND-1 en CND-2 n'aura pas d'impact négatif sur l'environnement, car l'activité annuelle de rejets liquide restera comparable à l'activité annuelle rejetée avant la mise en œuvre du projet LTO. La dose efficace engagée que les membres de la population peuvent subir du fait des rejets liquides est donc bien inférieure à la limite de dose et n'aura pas d'impact significatif sur la population.

Dans l'option zéro, la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 entraînera moins de rejets liquides radioactifs, mais la différence avec la situation de départ et avec la situation du projet est négligeable.

Le projet n'a pas d'impact significativement mesurable sur le territoire néerlandais ni sur les territoires des autres pays frontaliers de la Belgique, de sorte que d'autres incidences transfrontalières résultant des rejets liquides peuvent être exclues.

3.4.5 Déchets radioactifs

L'exploitation d'une centrale nucléaire génère de nombreux flux de déchets différents, dont la plupart sont non radioactifs et sont donc éliminés comme des déchets non radioactifs (conventionnels). Seule une partie des flux de déchets contient des quantités significatives de radionucléides et doit être éliminée comme des déchets radioactifs. Ce paragraphe traite uniquement de la fraction des déchets radioactifs. L'impact environnemental des déchets non radioactifs est examiné au paragraphe 2.9.

La gestion sûre des déchets radioactifs à évacuer en Belgique relève de la responsabilité de l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles (ONDRAF) et de sa filiale Belgoprocess. Cette gestion est mise en œuvre en isolant les déchets de l'environnement jusqu'à ce que leur activité ait

diminué par désintégration, jusqu'à atteindre un niveau inférieur aux valeurs dérogatoires applicables en Belgique. Ces valeurs sont basées sur des directives internationales émises notamment par l'ICRP, l'IAEA ou la loi belge.

Les coûts liés à la gestion et au stockage des déchets sont supportés selon le principe « pollueur-payeur ». Les producteurs de déchets financent la gestion et le stockage proportionnellement aux volumes générés.

La gestion des déchets radioactifs dépend fortement de leur activité et de leur durée de vie. En Belgique, les déchets sont répartis dans trois catégories^{16,17}, comme représenté schématiquement au Tableau 3-37.

- **Catégorie A :** déchets de faible et moyenne radioactivité, à vie courte
Les déchets de catégorie A contiennent des nucléides de faible activité dont la demi-vie est courte (30 ans ou moins). La durée de vie des déchets radioactifs dépend de la demi-vie des différents isotopes présents dans les déchets. Des exemples de déchets de catégorie A sont les équipements de protection individuelle contaminés (e.a. gants), le matériel de nettoyage, les filtres et les pièces remplacées (e.a. sections de tuyauterie).
- **Catégorie B :** déchets de faible et moyenne radioactivité, à vie longue
Les déchets de catégorie B sont contaminés par des émetteurs alpha à longue demi-vie dans des concentrations plus élevées que les déchets de catégorie A. Ils peuvent également contenir des quantités variables de nucléides émetteurs bêta et gamma.
Dans le cas d'une centrale nucléaire, il s'agit notamment des résines et, lors du démantèlement, de certaines parties du réacteur.
- **Catégorie C :** déchets de haute radioactivité, à vie longue
Les déchets de catégorie C sont des déchets hautement radioactifs contenant de grandes quantités de nucléides émetteurs alpha, bêta et gamma. En raison de leur forte activité, la plupart de ces déchets émettent plus de 20 W/m³ de chaleur.

Tableau 3-37 Aperçu de la classification par catégorie des déchets radioactifs

	Déchets de faible activité	Déchets de moyenne activité	Déchets de haute activité
Déchets de courte durée de vie ($t_{1/2} < 30$ ans)	Catégorie A	Catégorie A	Catégorie C
Déchets de longue durée de vie ($t_{1/2} \geq 30$ ans)	Catégorie B	Catégorie B	Catégorie C

Environ 95 % de tous les déchets produits en Belgique appartiennent à la catégorie de déchets A ou B¹⁸. Les déchets de haute radioactivité (catégorie C) ne sont produits que dans des volumes limités, par

¹⁶ <https://fanc.fgov.be/nl/classificatie-van-afval-belgie> (consulté en novembre 2019).

¹⁷ <https://www.niras.be/soorten-radioactief-afval> (consulté en novembre 2019).

¹⁸ <https://fanc.be/nl/classificatie-van-afval-belgie> (consulté en décembre 2019)

exemple par les réacteurs de recherche et par la production d'isotopes médicaux. Aucun déchet de catégorie C n'est produit au cours de l'exploitation de la CND.

Les éléments combustibles usés provenant des unités nucléaires de la CND sont également très radioactifs. Comme aucune décision sur le retraitement éventuel des éléments combustibles usés n'a été prise en Belgique (ce qui réduirait le volume total de déchets de haute radioactivité), les éléments combustibles usés ne sont pas considérés comme des déchets à ce stade. L'impact de la prolongation de la durée de vie en ce qui les éléments combustibles usés (déchets potentiels de catégorie C) est décrit au paragraphe 3.4.6.

Du point de vue de la CND, les déchets radioactifs sont encore divisés en deux catégories : les déchets non conditionnés et les déchets conditionnés. La différence entre ces deux catégories est que dans la première, les déchets sont transportés vers Belgoprocess sous une forme non conditionnée, tandis que dans la seconde, les déchets sont transportés vers Belgoprocess sous une forme conditionnée. Les déchets non conditionnés sont ensuite traités et conditionnés par Belgoprocess afin de respecter les exigences d'évacuation.

Un des principes de base des déchets radioactifs est d'éviter (sélection à la source) ou de limiter autant que possible la quantité de déchets radioactifs. Si les déchets radioactifs ne peuvent pas complètement être évités, le processus de traitement vise à réduire la quantité finale de déchets à évacuer. La limitation de la quantité de déchets de faible et moyenne radioactivité est la responsabilité de chacun au sein de la CND.

Tous les déchets provenant de la partie nucléaire des installations sont considérés en premier lieu comme des déchets radioactifs. Une fraction de ces déchets est cependant potentiellement non radioactive et peut être éliminée comme déchets ménagers et/ou industriels après décontamination éventuelle et après libération. Tout est mis en œuvre pour réduire la fraction des déchets radioactifs. Par conséquent, la priorité est donnée, dans la mesure du possible, à la décontamination et à la libération des déchets conformément aux critères légaux [RGPRI].

Les critères légaux de libération [RGPRI] sont basés sur les directives internationales [IAEA, 2014] [UE, 2013], elles-mêmes établies sur la base d'études internationales [IAEA, 2005]. On a ainsi déterminé des concentrations de radionucléides qui, dans des conditions défavorables, peuvent conduire à une dose efficace engagée maximale de 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, soit une dose considérée comme triviale. Le concept de libération a été conçu pour éviter que le système de régulation des matières radioactives ne soit surchargé par de (très) grandes quantités de déchets ne contenant pratiquement aucune radioactivité (p. ex. en raison de la décontamination ou la désintégration), de sorte que ces matières ne présentent aucun risque significatif pour la population.

La fraction restante, soit les déchets ne pouvant pas être libérés, est réduite autant que possible. Différentes techniques de traitement peuvent être utilisées selon les propriétés physiques et radiologiques des déchets. Les déchets radioactifs sont principalement traités dans les installations du bâtiment WAB (bâtiment de traitement des eaux et des déchets). Les installations du WAB sont adaptées au traitement et à la transformation des déchets de toutes les unités nucléaires de la CND. Les installations contiennent entre autres des équipements pour la décontamination et l'évacuation des déchets, pour l'évaporation des déchets liquides ainsi que des installations de conditionnement.

Les différents types de déchets, dont les volumes sont réduits au maximum, sont décrits ci-dessous.

- **Déchets combustibles**
Après réduction du volume dans le WAB, les déchets combustibles sont transportés vers Belgoprocess en tant que déchets non conditionnés pour être incinérés. Chez Belgoprocess, les déchets sont encore fortement réduits par incinération. La fraction résiduelle (les cendres), qui contient des substances radioactives, est conditionnée.
- **Déchets non combustibles**
Les déchets non combustibles ou non compactables sont répartis en différents flux de déchets. Par exemple, les différents métaux seront séparés des autres flux de déchets compactables dans le but de maximiser la réduction de chaque flux de déchets individuel. Dans les installations de Doel, les déchets compactables sont d'abord compactés (à l'aide d'une presse de 16 ou 100 tonnes), après quoi ils sont transportés comme déchets non conditionnés vers Belgoprocess. Là, ils sont compactés une deuxième fois dans leurs installations à l'aide d'une presse de 1000 tonnes. Les déchets compactés sont ensuite conditionnés.
- **Filtres**
Afin d'éliminer le maximum de particules radioactives dans l'air, l'air de la zone contrôlée est filtré en permanence à travers des pré-filtres, des filtres à charbon actif (pour l'iode) et des filtres HEPA (cf. paragraphe 3.4.3). En fonction de leurs propriétés physiques, les filtres de ventilation de ces installations sont également traités comme des déchets combustibles et compactables et évacués vers Belgoprocess comme des déchets non conditionnés.

Les filtres liquides des circuits de la partie nucléaire des installations sont, si possible, également compactés et conditionnés ensemble dans un mélange de béton.
- **Déchets liquides**
Le volume de déchets liquides radioactifs est principalement réduit après évaporation. Les substances radioactives présentes dans les liquides sont collectées dans le « concentré » et la fraction non radioactive des liquides, les condensats, peut être évacuée après des contrôles préalables (cf. paragraphe 3.4.4). Le « concentré » est transformé en déchets conditionnés dans l'installation de conditionnement de Doel. Après acceptation de l'ONDRAF, les déchets conditionnés sont transportés vers Belgoprocess pour y être évacués. L'acceptation est l'ensemble des contrôles effectués par l'ONDRAF pour vérifier si les déchets sont conformes aux critères d'acceptation applicables.
- **Résines**
Les résines radioactives échangeuses d'ions, destinées à épurer les circuits, ne sont pas compactées mais traitées en déchets conditionnés, tout comme le concentré. Ces résines sont incorporées dans un mélange de béton.
- **Vêtements de protection**
L'utilisation de vêtements de protection jetables (déchets radioactifs) est limitée autant que possible dans les parties nucléaires des installations par l'utilisation de vêtements de protection lavables. Ces équipements de protection individuelle (EPI) réutilisables sont nettoyés dans le

l'ouvrage spécialisé du bâtiment WAB. L'eau de lavage est évacuée après filtrage et contrôles préalables.

Le traitement de l'ensemble des déchets radioactifs tient toujours compte des exigences de l'ONDRAF. Les exigences fixées par l'ONDRAF pour les déchets ont été reprises dans les différents ACRIA (critères d'acceptation) et sont conformes à la législation en vigueur. Les critères d'acceptation dépendent du type de déchets et de la catégorie de déchets à laquelle ils appartiennent. Tant les installations que les méthodes de traitement pour la caractérisation et la production de déchets radioactifs répondent aux exigences fixées par l'ONDRAF. Tous les déchets radioactifs seront ainsi identifiés et documentés conformément aux règles en vigueur avant leur transmission à Belgoprocess.

La gestion de déchets radioactifs à l'ONDRAF se déroule en plusieurs étapes¹⁹ :

- **Acceptation et transport**
Après acceptation par l'ONDRAF, les déchets sont transportés vers Belgoprocess à Dessel pour un éventuel traitement ultérieur.
- **Traitement et stockage temporaire**
Chez Belgoprocess, les déchets radioactifs non conditionnés sont traités et conditionnés en colis. Ces colis doivent répondre aux exigences de concentration, de confinement et de durabilité pour permettre une gestion sûre à long terme. Dans l'attente d'un stockage en surface, les déchets en colis sont provisoirement stockés dans des bâtiments spéciaux. Les colis entreposés sont contrôlés dans le temps pour vérifier qu'ils continuent à répondre aux critères d'acceptation applicables. Grâce au choix des matériaux et à l'épaisseur des parois, les bâtiments offrent une protection suffisante contre les rayonnements ionisants, en fonction des caractéristiques radiologiques des déchets.
- **Stockage en surface**
L'ONDRAF prépare le stockage en surface à long terme pour les déchets radioactifs de catégorie A. Les fûts sont encapsulés dans un conteneur en béton, lui-même enrobé dans une couche de béton souterraine. L'ONDRAF doit assurer une capacité de stockage suffisante pour tous les déchets radioactifs en Belgique.
- **Stockage géologique**
L'ONDRAF considère actuellement que le stockage géologique est la meilleure solution pour le stockage définitif des déchets hautement radioactifs et/ou à longue durée de vie (catégorie B et C). Les déchets sont alors isolés dans une couche stable souterraine, derrière toute une série de barrières. Ces barrières assurent le confinement et, en cas de défaillance, retardent ou dispersent le rejet des substances. La forme ou l'étendue des déchets radioactifs qui y seront placés n'ont pas encore été définitivement établies. En particulier pour les éléments combustibles (catégorie C), il

¹⁹ <https://www.niras.be/het-afvalbeheer-nu-en-op-lange-termijn> (consulté en janvier 2020)

existe des options de retraitement ou de non-retraitement. Toutefois, le gouvernement belge n'a pas encore pris de décision à ce sujet.

3.4.5.1 Méthodologie

Tous les déchets radioactifs solides sont collectés dans le bâtiment WAB où ils sont traités, conditionnés et finalement évacués. La quantité de déchets radioactifs est généralement exprimée en volume. Les volumes évacués sont publiés chaque année dans les déclarations environnementales de la CND [Electrabel, 2012] [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b] [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a]. Le rapport indique la quantité totale de déchets de faible et moyenne radioactivité sur une base annuelle pour l'ensemble du site de Doel. Dans le cadre de cette EIE, on suppose que $\frac{1}{3}$ de la quantité annuelle de déchets peut être attribué à CND-1 et CND-2 combinées.

Le principal aspect environnemental radiologique des déchets est le rayonnement ionisant. Tant que les déchets se trouvent sur le site de la CND, ils contribuent à la dose à la limite du site. Ils sont en effet inclus dans le rayonnement direct à la limite du site et sont donc pris en compte (cf. paragraphe 3.4.1).

L'évacuation des déchets vers Belgoprocess pour un traitement ultérieur entraîne une très faible dose dans les environs le long de l'itinéraire de transport. Après acceptation par l'ONDRAF, les transports sont effectués conformément aux directives ADR pour les transports radioactifs. La conséquence de dose pour l'environnement est donc nulle. Cet aspect environnemental n'est pas examiné plus en détail dans la présente EIE.

Une comparaison a été réalisée entre les quantités de déchets radioactifs résultant de l'exploitation avant et après la mise en œuvre du projet.

3.4.5.2 Situation de départ

Le volume total de déchets de faible et moyenne radioactivité transportés via le WAB vers Belgoprocess dans la situation de départ est présenté au Tableau 3-38 [Electrabel, 2012] [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a].

Tableau 3-38 Volume des déchets de faible et moyenne radioactivité transportés depuis CND-1, CND-2 et la CND dans la situation de départ

Année	Volume CND-1&2 [m ³]	Volume CND [m ³]
2012	41,6	124,7
2013	42,0	125,9
2014	15,6	46,8
Moyenne (2012-2014)	33,0	99,1

La majorité des déchets radioactifs est générée pendant l'exploitation opérationnelle et les périodes de révisions régulières annuelles, au cours desquelles sont effectués la maintenance majeure des installations et le remplacement du combustible nucléaire. Les variations dans les volumes de déchets dépendent des activités de maintenance et des projets planifiés. Ces activités entraînent également des variations dans les volumes de déchets radioactifs traités et transportés depuis le WAB. Cela explique pourquoi il peut y avoir des variations dans les volumes annuels.

Dans le cadre de la présente étude d'incidence environnementale, on suppose de manière prudente que les déchets libérés par la CND entraîneront une dose efficace engagée maximale de 10 μ Sv par an.

3.4.5.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des déchets radioactifs sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct :
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées au cours de la période (2012-2014 ; situation de départ) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente²⁰.

3.4.5.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Étant donné que les projets ont un impact sur le volume total de déchets de faible et moyenne radioactivité, la mise en œuvre des différents projets pendant la phase de construction augmentera, conformément aux attentes, la part du volume total de déchets de faible et moyenne radioactivité provenant des installations de CND-1 et CND-2 (Tableau 3-39). Compte tenu du calendrier de cette étude, les volumes de déchets de faible et moyenne radioactivité produits et transportés pendant la phase de construction sont déjà connus. Cependant, tous les déchets produits pendant la phase de construction n'ont pas été traités dans le WAB au cours de cette période ; il est prévu qu'ils soient traités en 2019 et 2020. D'autre part, le volume moyen de déchets de faible et moyenne radioactivité transportés annuellement depuis la CND au cours de la période 2015-2018 est conforme à la moyenne annuelle dans la situation de départ (2012-2014). Les volumes annuels transportés sont présentés au Tableau 3-39. [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a].

²⁰ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

Tableau 3-39 Volume des déchets de faible et moyenne radioactivité transportés depuis CND-1, CND-2 et la CND lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Année	Volume CND-1&2 [m ³]	Volume CND [m ³]
Situation de départ (2012-2014)	33,0	99,1
2015	36,1	108,2
2016	33,5	100,5
2017	31,7	95,1
2018	30,4	91,1
Moyenne (2015-2018)	32,9	98,7

3.4.5.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Bien que les volumes de déchets radioactifs produits et transportés varient fortement d'une année à l'autre en raison de nombreux facteurs, on peut affirmer, sur la base de la situation de départ, qu'environ 33 m³ de déchets radioactifs de faible et moyenne radioactivité résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 seront transportés chaque année vers l'ONDRAF (Figure 3-33). En d'autres termes, le volume annuel total de déchets transportés ne différera pas de la situation de départ au cours de la période 2019-2025. Lorsque les travaux du projet seront terminés, le volume de déchets radioactifs provenant de CND-1 et CND-2 ne devrait pas différer de celui de la situation de départ.

Incidences cumulatives du projet

Le paragraphe précédent et le paragraphe 3.4.5.2 indiquent les volumes annuels de déchets radioactifs pour la période 2015-2025. En les additionnant, on obtient la quantité cumulative de déchets radioactifs résultant du projet LTO pour la période 2015-2025, soit 363 m³.

3.4.5.3.3 Option zéro

Dans le cas de l'option zéro (= pas de LTO), les réacteurs cesseront de fonctionner et la mise à l'arrêt définitif (MAD) commencera en 2015. Pendant la MAD et le démantèlement ultérieur, des déchets radioactifs et conventionnels seront produits. Le volume annuel de déchets qui sera produit devrait être plus important que lors de l'exploitation régulière. Cela découle de l'obligation de remettre le site dans son état d'origine (*greenfield*) et d'éliminer tous les matériaux (radioactifs et conventionnels).

Le volume annuel de déchets radioactifs devrait diminuer. Comme indiqué précédemment dans cette EIE, des déchets de faible et moyenne radioactivité sont principalement produits pendant les révisions et les remplacements de combustible. Étant donné qu'il n'y aura plus de remplacement de combustible, le volume de déchets radioactifs produit annuellement diminuera.

Des déchets radioactifs continueront toutefois d'être produits pendant les différentes phases de la MAD, car les systèmes seront mis hors service à différents moments. Par exemple, les systèmes de refroidissement resteront opérationnels pour évacuer la chaleur de désintégration. Ces systèmes doivent également être disponibles et maintenus après la mise à l'arrêt définitif ; ils ne peuvent pas être définitivement mis à l'arrêt tant que tous les éléments combustibles n'ont pas été évacués. Les systèmes qui doivent rester disponibles et donc ceux qui peuvent être définitivement mis à l'arrêt varient selon les phases de la MAD.

Comme indiqué précédemment, les travaux MAD et le démantèlement commencent dix ans plus tôt dans l'option zéro que dans la situation du projet. Comme les travaux à effectuer sont similaires dans les deux cas, il est probable que les incidences environnementales soient les mêmes dans les deux situations. Par conséquent, aucun déchet radioactif résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 ne sera produit à partir de 2015.

Les travaux MAD entraîneront bel et bien la production de déchets. Dans le cadre de la présente EIE, on a supposé de manière prudente que les volumes de déchets évacués pendant les phases 1, 2 et 3 de la MAD seront similaires aux volumes générés pendant l'exploitation (cf. Figure 3-33). On part du principe qu'il n'y aura plus de déchets radioactifs après l'achèvement de la MAD.

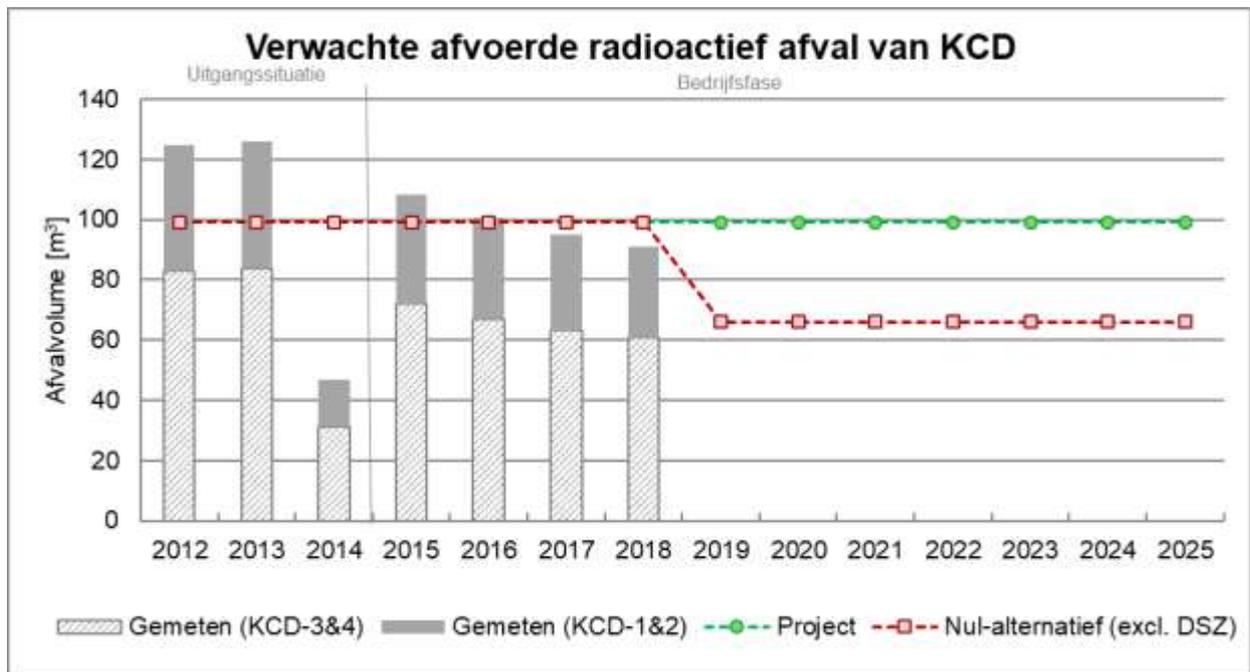


Figure 3-33 Volume total (CND-1 à CND-4) de déchets de faible et moyenne radioactivité évacués et volumes attendus à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro. Les barres verticales indiquent les valeurs effectivement mesurées, pour autant que celles-ci soient disponibles.

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Lors de la mise à l'arrêt définitif, la majeure partie des déchets radioactifs produits provient des activités opérationnelles. Cela relève donc des catégories existantes et validées de déchets radiologiques et des processus associés de traitement des déchets.

On s'attend à ce que le volume annuel de déchets radioactifs produits pendant les différentes phases de la MAD soit inférieur au volume annuel pendant l'exploitation. En outre, les volumes de déchets radioactifs diminueront également en raison de la réduction des besoins de maintenance et d'intervention sur les circuits et installations qui seront progressivement mis hors service. Les déchets radioactifs résultant des travaux spécifiques menés pour la MAD constituent une exception. Les principaux flux de déchets sont indiqués ci-dessous.

- Liquides de rinçage utilisés pour la décontamination chimique
- Résines provenant d'échangeurs d'ions utilisées pour la décontamination chimique
- Filtres utilisés pour la décontamination chimique
- Composants non fissiles hautement radioactifs provenant de la cuve du réacteur
- Eaux usées provenant de la vidange des circuits et du bassin de désactivation

Ces déchets seront, dans la mesure du possible, traités de la même manière que les déchets radioactifs produits pendant l'exploitation. Les déchets provenant des activités MAD seront donc également traités dans le WAB dans la mesure du possible.

3.4.5.4 Incidences transfrontalières

Tous les déchets produits seront traités et stockés sur le territoire belge jusqu'à ce qu'une solution définitive soit trouvée. L'ONDRAF gère les déchets radioactifs isolés de l'environnement jusqu'à ce que leur activité ait diminué par désintégration, jusqu'à atteindre un niveau inférieur aux valeurs dérogatoires applicables en Belgique. Par conséquent, aucune incidence transfrontalière n'est attendue.

3.4.5.5 Suivi

Les flux de déchets au sein de la CND sont surveillés et définis par Electrabel. Les volumes de déchets à faible et moyenne radioactivité transportés depuis la CND sont contrôlés par l'ONDRAF et Belgoprocess, sous la surveillance de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN).

3.4.5.6 Mesures d'atténuation

Afin de minimiser le volume total de déchets de faible et moyenne radioactivité, les déchets solides sont traités (pressés et broyés) dans le bâtiment de traitement des eaux et des déchets (WAB) prévus à cet effet, après quoi les déchets solides sont incinérés (Belgoprocess). L'utilisation de ces techniques entraîne une forte réduction du volume de déchets.

3.4.5.7 Lacunes de connaissances

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences des déchets radioactifs du présent projet. Et ce, en dépit du fait que l'origine exacte des déchets évacués par le bâtiment de traitement des eaux et des déchets ne soit pas toujours clairement attribuable à une unité en particulier. La production totale de déchets dépend également de nombreux facteurs et est donc difficile à prévoir. Dans le cadre de la présente EIE, il a donc été supposé que $\frac{1}{3}$ de la quantité annuelle de déchets peut être attribué à CND-1 et CND-2 combinées.

3.4.5.8 Conclusions

En raison de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2, les déchets de faible et moyenne radioactivité seront produits pendant dix années supplémentaires (2015-2025). La nature des activités visées dans la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 diffère de la nature des activités régulières dans la situation de départ. Il est donc plausible, et cela a été démontré par des chiffres concrets pour les années 2015-2018, que des différences existent dans les volumes de déchets produits. La part de rayonnement à la limite du site provenant des déchets radioactifs ne peut pas être déterminée séparément, car les dosimètres thermoluminescents détectent le rayonnement de toutes les sources présentes sur le site ensemble. On peut néanmoins conclure que dans l'ensemble, ce projet n'a pas d'impact significatif sur l'environnement en ce qui concerne le rayonnement direct (cf. paragraphe 3.4.1).

Par ailleurs, dans l'option zéro, une quantité moindre de déchets de faible et moyenne radioactivité sont produits du fait de l'exploitation sur l'ensemble de la période 2015-2025 par rapport au présent projet. Pendant la période de MAD, outre les déchets radioactifs provenant des activités opérationnelles, dont le volume diminue à mesure que la MAD progresse, les activités spécifiques à la MAD produisent également des flux de déchets radioactifs ponctuels. On s'attend à ce que les volumes de déchets radioactifs sur l'ensemble de la période de MAD soient inférieurs aux volumes produits pendant l'exploitation régulière sur une base annuelle.

Tous les déchets de faible et moyenne radioactivité (catégorie A et B) qui sont produits seront traités et stockés dans le cadre du stockage en surface sur le territoire belge. Par conséquent, aucune incidence transfrontalière n'est à prévoir. Ce dernier point est confirmé par l'avis de la Commission européenne²¹.

3.4.6 Éléments combustibles usés

Les réacteurs de CND-1 et CND-2 contiennent des éléments combustibles. Ces éléments fissionnent l'uranium faiblement enrichi (entre 3 et 5 %) qu'ils contiennent, libérant ainsi de la chaleur. Cette chaleur est utilisée pour produire de l'électricité via les systèmes de la centrale nucléaire. La réaction de fission épuise les éléments combustibles, qui doivent alors être remplacés. Après quatre cycles de 12 mois, ces éléments sont retirés du cœur. Bien que les éléments combustibles usés soient encore constitués en grande partie d'uranium, une partie de l'uranium a été désintégrée en produits de fission, dont certains sont encore radioactifs.

En raison de l'activité élevée et de la chaleur résiduelle qui en résulte, les éléments combustibles usés doivent être stockés dans le bassin de stockage de combustible commun du bâtiment des services de secours nucléaires (GNH). Les éléments sont stockés dans le GNH pendant plusieurs années. Après cette période de refroidissement, les éléments sont placés dans un *Dual Purpose Cask* (DPC)²², qui est ensuite scellé. Le DPC est conçu pour assurer une protection contre les rayonnements ionisants. Le DPC est ensuite transporté vers le bâtiment de conteneurs à combustible (SCG), où il est entreposé dans des conditions contrôlées jusqu'à ce qu'une décision soit prise quant à sa destination finale (stockage définitif géologique et/ou retraitement).

En 1993, le gouvernement belge a introduit un moratoire sur le retraitement des éléments combustibles usés. Cela signifie qu'aucune décision n'a encore été prise quant à savoir si ces éléments combustibles seront retraités ou non.

- **Retraitement**

L'uranium est séparé du plutonium et des produits de fission. Le plutonium et l'uranium sont réutilisés pour la fabrication de nouveaux éléments combustibles. Les produits de fission sont vitrifiés : ces déchets vitrifiés à haute radioactivité sont ensuite stockés, en attendant leur

²¹ <https://op.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/682dfad5-257f-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-fr> (consulté en décembre 2020)

²² Un *Dual Purpose Cask* peut être utilisé tant pour le stockage provisoire que pour le transport sur et en dehors du site.

évacuation définitive. Grâce au retraitement, le volume de déchets à haute radioactivité à stocker peut être considérablement réduit. Cela réduira la capacité requise pour l'évacuation finale, avec les avantages que cela implique en termes de coûts et de sûreté. Cela entraîne néanmoins une augmentation des déchets de faible et moyenne radioactivité, ce qui nécessite une plus grande capacité d'évacuation.

- Absence de retraitement
Les éléments combustibles usés sont considérés comme des déchets dans leur intégralité et sont stockés en attendant leur stockage définitif.

En attendant une décision du gouvernement belge, tous les éléments combustibles usés sur le site doivent être stockés [UE, 2013] et ne sont pour l'instant pas considérés comme des déchets radioactifs. En conséquence, le nombre d'éléments combustibles usés stocké sur le site augmente à chaque année d'exploitation.

Le principal aspect environnemental des éléments combustibles usés est le rayonnement radiologique. Comme tous les éléments combustibles usés restent sur le site de la CND jusqu'à ce qu'une décision soit prise concernant leur retraitement, seul le rayonnement radiologique peut être pris en compte. Il contribue en effet au rayonnement direct à la limite du site et est donc pris en considération (cf. paragraphe 3.4.1). La part de rayonnement à la limite du site provenant des éléments combustibles usés ne peut être déterminée, parce que les dosimètres thermoluminescents installés à la limite du site détectent le rayonnement de toutes les sources présentes sur le site considérées ensemble et ne distinguent pas les sources de rayonnement.

3.4.6.1 Méthodologie

Un cycle de CND-1 et CND-2 dure maximum 12 mois, après quoi les éléments combustibles dans le cœur du réacteur sont reclassés pour compenser la diminution du combustible dans un élément. Par cycle moyen, environ un quart des éléments combustibles du cœur du réacteur sont remplacés par de nouveaux éléments. Le nombre exact de nouveaux éléments dépend de différents facteurs comme le taux de combustion, la répartition de la puissance dans le cœur du réacteur et la quantité d'électricité produite. En raison des travaux, du dysfonctionnement et d'autres facteurs, la durée du cycle et des révisions peut varier fortement, ce qui signifie que le nombre d'éléments combustibles usés par cycle peut lui aussi varier de manière significative [Tractebel, 2015]. Les éléments combustibles usés sont entreposés dans le bassin de stockage de combustible pour une durée minimale de 3 ans avant d'être transportés vers le SCG. Dans le cadre de la présente EIE, on suppose que, sur plusieurs années, le nombre annuel moyen d'éléments combustibles usés sera égal au nombre moyen annuel d'éléments combustibles évacués.

Les nombres d'éléments combustibles évacués sont tirés des déclarations environnementales publiées par Electrabel [Electrabel, 2012] [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b] [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a]. Dans ces déclarations, le nombre d'éléments combustible est publié par année. La méthodologie s'applique donc sur une base annuelle.

3.4.6.2 Situation de départ

Le nombre d'éléments combustibles usés varie fortement d'une année à l'autre. Il dépend par exemple de la production d'énergie et de la durée du cycle. Étant donné que les éléments combustibles sont changés en moyenne une fois par an, il se peut qu'aucun élément ne soit évacué au cours d'une année donnée ou

que les éléments évacués de plusieurs cycles soient transportés au cours d'une même année. Le nombre d'éléments combustibles évacués par centrale est indiqué au Tableau 3-40 [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b].

Afin de tenir compte de ces fortes variations annuelles, la moyenne sur plusieurs années est utilisée au lieu de la valeur moyenne pour la situation de départ [Electrabel, 2012]. Cette moyenne est indiquée au Tableau 3-40. Le nombre d'éléments combustibles évacués dans la situation de départ est conforme aux moyennes sur plusieurs années indiquées au Tableau 3-40.

Tableau 3-40 Éléments combustibles évacués annuellement de CND-1, CND-2 et de la CND dans la situation de départ, ayant été transportés depuis le bassin de de stockage de combustible vers le SCG

	CND-1	CND-2	CND
Moyenne sur plusieurs années	32	32	168
2012	36	22	162
2013	0	32	32
2014	36	28	120

3.4.6.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles de l'utilisation d'éléments combustibles sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct :
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur des données moyennes à long terme (situation de départ) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente²³.

3.4.6.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, CND-1 et CND-2 seront exploitées de la même manière que dans la situation de départ (2012-2014). En tenant compte de la consommation moyenne de combustibles sur plusieurs années, telle qu'indiquée au Tableau 3-40, CND-1 (32 par an) et CND-2 (32 par an) produiront ensemble 256 éléments combustibles usés pendant la phase d'exploitation

²³ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

du projet entre 2015 et 2018 (4 ans). Cette production n'est pas due à la mise en œuvre de plusieurs mesures LTO pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, mais uniquement en cas de poursuite de l'exploitation de CND-1 et CND-2 pendant cette phase.

Compte tenu du calendrier de cette étude, le volume d'éléments combustibles usés pendant la période d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est déjà connu. Ces volumes sont présentés pour toutes les unités de la CND au Tableau 3-41 [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a]. Les données montrent un écart entre les différentes années, qui dépend du temps de production et des révisions planifiées et non planifiées.

Tableau 3-41 Éléments combustibles usés par année provenant de CND-1, CND-2 et de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, ayant été transportés vers le SCG

	CND-1	CND-2	CND
Moyenne sur plusieurs années	32	32	168
2015	60	0	156
2016	28	40	108
2017	28	32	120
2018	0	28	124

Étant donné que la consommation moyenne à long terme d'éléments combustibles dans la phase de construction (2015-2018) est égale à celle de la situation de départ (2012-2014), l'incidence environnementale des éléments combustibles usés (résultant du rayonnement) est déterminée par le nombre d'éléments combustibles usés stockés en plus et les mouvements de transport pour les acheminer vers le SCG. Ce point est traité au paragraphe 3.4.1 et au paragraphe 3.4.2 puisque les mesures de suivi du rayonnement enregistrent également le rayonnement résultant de ce transport.

3.4.6.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après l'achèvement de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, CND-1 et CND-2 continueront à fonctionner pendant la phase d'exploitation normale (2019-2025) comme dans la situation de départ (2012-2014).

Les quantités attendues d'éléments combustibles usés lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) sont indiquées à la Figure 3-34.

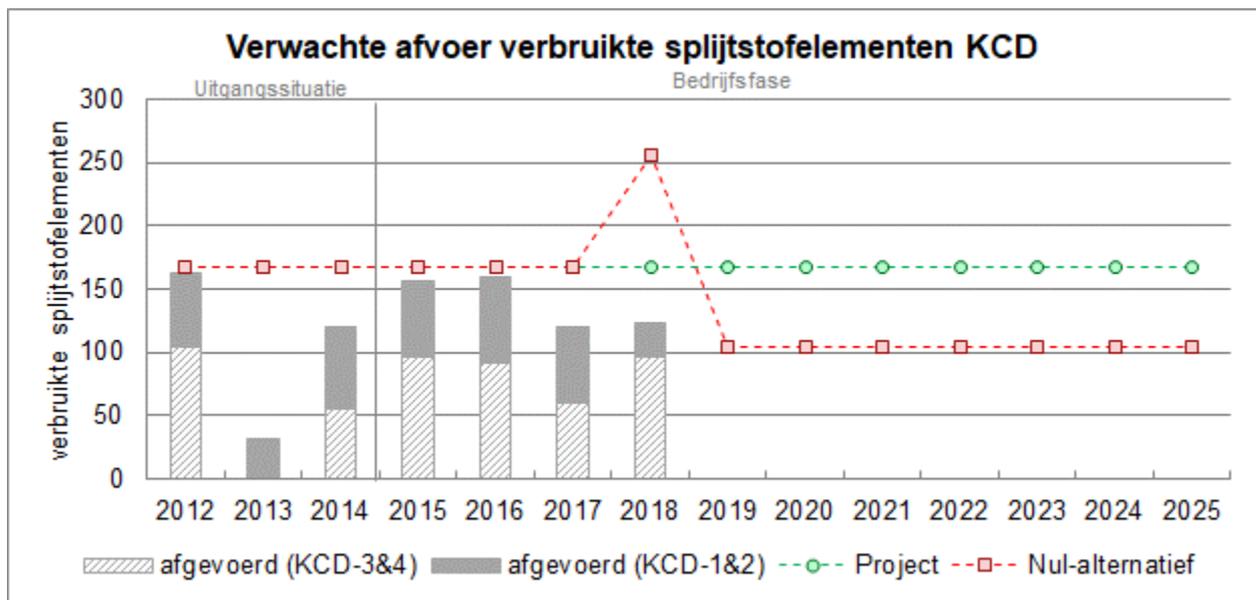


Figure 3-34 Éléments combustibles usés attendus à la suite de l'exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro, ayant été transportés vers le SCG. Les barres verticales indiquent les éléments combustibles effectivement usés, pour autant que ceux-ci soient disponibles.

Étant donné que le débit d'éléments combustibles dans la phase d'exploitation normale (2019-2025) reste égal à celui de la situation de départ (2012-2014), l'incidence environnementale pendant la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) sera donc également déterminée par le nombre supplémentaire d'éléments combustibles usés stockés et les mouvements de transport pour les acheminer vers le SCG. Par conséquent, l'augmentation annuelle pendant la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) est identique à celle de la situation de départ.

Incidences cumulatives du projet

Sur la base de la consommation moyenne de combustibles sur plusieurs années, comme indiqué au Tableau 3-40, CND-1 et CND-2 produiront ensemble environ 448 éléments combustibles usés lors de la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025). En tenant compte des éléments combustibles usés produits par CND-1 et CND-2 en 2015-2018 (216) (cf. Tableau 3-40), le projet entraîne une consommation d'environ 664 éléments combustibles supplémentaires.

En conséquence de l'exploitation de toutes les unités, la capacité disponible du SCG sera atteinte à la fin de la durée de vie des centrales, en supposant que le projet LTO G2 se réalise. Afin d'augmenter la capacité de stockage, un nouveau bâtiment de stockage est en cours de construction au moment de la rédaction du présent document dans le cadre du projet *Spent Fuel Storage Facility* (SF²). L'évaluation des incidences sur l'environnement du nouveau bâtiment de stockage est analysée dans un rapport d'évaluation des incidences environnementales distinct. La capacité actuelle du SCG est toutefois suffisante pour les éléments combustibles produits par l'exploitation de CND-1 et CND-2 dans le cadre du projet. Le projet SF² ne concerne donc que l'exploitation de CND-3 et CND-4 et est indépendant du projet (LTO de CND-1 et CND-2).

3.4.6.3.3 Option zéro

Dans l'option zéro, l'exploitation de CND-1 et CND-2 cesse en 2015. La production d'éléments combustibles usés s'arrête donc en même temps. Seuls les éléments présents dans la cuve du réacteur ou dans le bassin de stockage de combustible au moment de la mise à l'arrêt doivent être évacués après dissipation de la chaleur de désintégration. Par conséquent, les incidences sur l'environnement des combustibles usés dans le cadre de l'option zéro seront plus faibles que dans la situation de départ. L'augmentation annuelle due à l'option zéro sera nulle.

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Lors de l'exploitation de CND-1 et CND-2, un quart des éléments combustibles du réacteur sont renouvelés chaque année. Les éléments combustibles usés sont transférés du réacteur vers le bassin de stockage de combustible. Il s'agit (approximativement) du même nombre d'éléments combustibles qui sont transférés chaque année vers le SCG après qu'ils ont pu refroidir pendant au moins trois ans. Par conséquent, le nombre d'éléments combustibles présents dans le bassin de stockage de combustible restera plus ou moins le même au cours des années d'exploitation.

Dans la phase 1 de la MAD, tous les éléments combustibles présents dans le réacteur seront transférés vers le bassin de stockage de combustible. Le bassin de stockage de combustible dispose d'une capacité suffisante pour accueillir de manière sécurisée tous les éléments du réacteur, en plus des éléments combustibles déjà présents. Chaque année, une quantité d'éléments combustibles suffisamment refroidis est placée dans des *Dual Purpose Casks* (DPC) et transférée vers le SCG.

À un moment donné de la phase 3 de la MAD, le bassin de stockage de combustible ne comportera plus que les éléments combustibles qui étaient présents dans le cœur du réacteur à la fin de l'exploitation. Tous les autres éléments combustibles auront déjà suffisamment refroidi et auront été transférés vers le SCG. Ces éléments combustibles encore présents dans le bassin de stockage de combustible seront également transférés vers le SCG au cours de la dernière période de la phase 3 de la MAD. C'est la raison pour laquelle davantage d'éléments ont été transportés vers le SCG en 2018 qu'au cours des autres années. Après cela, il n'y aura plus d'éléments combustibles à CND-1 et CND-2. Les données ci-dessus sont illustrées à la Figure 3-35, sur la base du calendrier suivant (cf. paragraphe 1.1.3 pour le détail des travaux réalisés durant les différentes phases) :

- la phase 1 de la MAD a lieu la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 2 de la MAD a lieu consécutivement la 1^{re} année de la période MAD ;
- la phase 3 de la MAD s'étend sur les 2^e, 3^e et 4^e années de la période MAD ;
- la phase 4 de la MAD a lieu la 5^e année de la période MAD.

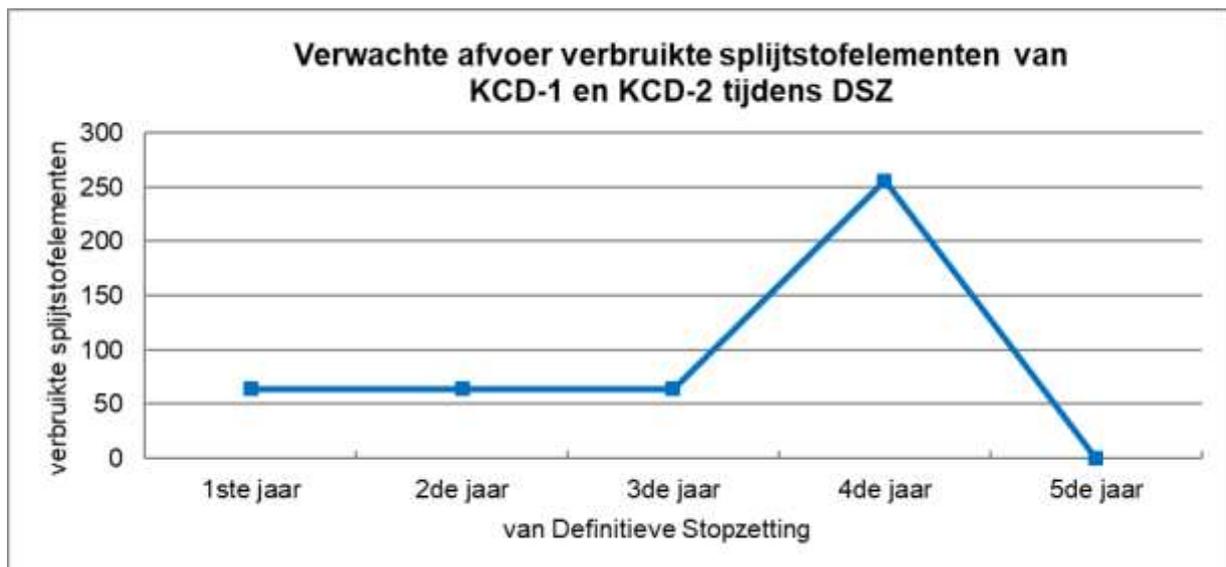


Figure3-35 Évacuation attendue des éléments combustibles usés de CND-1 et CND-2 pendant la MAD

On s'attend à ce que les collaborateurs professionnellement exposés aux éléments combustibles usés (notamment lors de la phase 3 de la MAD) reçoivent une dose plus élevée que pour les autres travaux de la MAD. Les incidences pour tous les travailleurs professionnellement exposés à CND-1 et CND-2 sont décrites au paragraphe 3.4.2. La Figure 3-34 montre la quantité d'éléments combustibles usés transportés pendant la phase de la MAD dans l'option zéro.

3.4.6.4 Incidences transfrontalières

Étant donné que le gouvernement belge n'a pas encore pris de décision sur le traitement ultérieur des éléments combustibles usés (par exemple, retraitement ou stockage final direct), ils ne sont pas considérés comme des déchets radioactifs pour l'instant. Un transport éventuel de ces déchets vers d'autres pays pour un retraitement, avec les éventuelles incidences environnementales qui en découlent, n'est donc pas pris en considération dans la présente EIE.

3.4.6.5 Suivi

Le nombre d'éléments combustibles usés est rapporté sur une base annuelle. Un suivi supplémentaire par rapport à la situation actuelle n'est donc pas nécessaire.

3.4.6.6 Mesures d'atténuation

Les installations de CND-1 et CND-2 et du SCG à l'égard des éléments combustibles usés sont suffisamment équipées pour respecter amplement les critères d'application. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est donc jugée nécessaire.

3.4.6.7 Lacunes de connaissances

Le gouvernement belge n'a à ce jour pas encore pris de mesure quant à la destination finale des éléments combustibles usés (e.a. retraitement ou stockage géologique direct). Par conséquent, les incidences à long terme au-delà de la limite du site de la CND ne peuvent être déterminées au moment de la rédaction de la présente évaluation d'incidence environnementale.

3.4.6.8 Conclusions

Étant donné que le débit des éléments combustibles usés est identique à celui de la situation de départ (2012-2013) tant dans la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 que dans la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025), l'augmentation par année d'exploitation sera identique dans tous les cas. Dans le cadre de l'option zéro, l'utilisation d'éléments combustibles cessera, ce qui réduira les incidences environnementales. La part de rayonnement à la limite du site provenant des éléments combustibles usés ne peut être déterminée séparément, car les dosimètres thermoluminescents détectent le rayonnement de toutes les sources présentes sur le site considérées ensemble. On peut néanmoins conclure que dans l'ensemble, ce projet n'a pas d'impact significatif sur l'environnement en ce qui concerne le rayonnement direct (cf. paragraphe 3.4.1).

La capacité actuelle disponible du bâtiment de conteneurs à combustible est suffisante pour accueillir les éléments combustibles usés supplémentaires résultant du projet (prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2).

3.4.7 Situations accidentelles

Outre la gestion de l'obsolescence, l'augmentation de la sûreté nucléaire de CND-1 et CND-2 est le thème principal de la prolongation de la durée de vie. En raison des modifications apportées dans le cadre de la prolongation de la durée de vie, une incidence positive dans le domaine des situations accidentelles est attendue pendant l'exploitation.

Les centrales nucléaires doivent être exploitées de manière sûre, afin de protéger les personnes et l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants. Afin de réaliser cet objectif, une centrale nucléaire doit essentiellement remplir les trois fonctions fondamentales de sûreté suivantes [Arrêté, 2011] :

- 1 le contrôle de la réactivité ;
- 2 la dissipation de la chaleur du cœur du réacteur ; et
- 3 le confinement des substances radioactives.

Ces trois fonctions de sûreté fondamentales valent pour toutes les phases du cycle de vie d'une centrale nucléaire. Afin de garantir ces fonctions de sûreté fondamentales, chaque centrale nucléaire doit prendre des mesures dans le but :

- de contrôler l'exposition des individus aux rayonnements ionisants et la libération de substances radioactives ou de combustibles (irradiés) dans l'environnement ;
- de réduire la probabilité d'événements susceptibles d'entraîner une perte de contrôle du cœur du réacteur, de la réaction nucléaire en chaîne, des sources radioactives ou d'autres sources de rayonnement ionisant ;
- d'atténuer les conséquences de tels événements s'ils se produisent.

Pour les installations nucléaires, il est courant de mettre en œuvre le concept de défense en profondeur (*Defence-in-Depth*, DiD). Ce concept est une combinaison de dispositions structurelles, techniques et

organisationnelles. Ce concept est appliqué pendant la conception et la mise en service, ainsi que lors de l'exploitation, la mise hors service et le démantèlement final de l'installation.

Le concept de défense en profondeur comprend six couches [Arrêté, 2011] :

- a) minimiser l'impact des risques externes d'origine naturelle, y compris extrêmes, et des risques d'origine humaine involontaire ;
- b) prévenir les incidents de fonctionnement prévus ou les défaillances ;
- c) maîtriser les incidents de fonctionnement prévus et repérer les défaillances ;
- d) maîtriser les accidents de base de conception ;
- e) maîtriser les conditions d'extension de la conception, et notamment prévenir la progression des accidents vers des accidents graves et atténuer les conséquences des accidents graves ;
- f) permettre la gestion des situations d'urgence, conformément à l'article 16 *Plan interne d'urgence* de l'arrêté royal portant *prescriptions de sûreté des installations nucléaires*, et, pour les réacteurs de puissance, l'article 31 *Plan interne d'urgence* de l'arrêté royal portant *prescriptions de sûreté des installations nucléaires*.

L'objectif principal du concept de *Defence in Depth* est de garantir qu'une défaillance unique (matérielle ou humaine) dans l'une des couches ou une combinaison de défaillances dans plusieurs couches ne compromette pas le fonctionnement de la couche suivante. L'indépendance des différentes couches est essentielle pour atteindre cet objectif. Ce concept de sûreté nucléaire avait déjà été pris en considération lors de la conception de CND-1 et CND-2. Les normes de sûreté de la *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) ont été appliquées à cette fin. La philosophie de sûreté ci-dessus est le point de départ de ces normes de sûreté.

Afin de garantir la sûreté, des analyses ont été effectuées pour un large éventail d'accidents de base de conception (*Design-Based accidents*, DBA) et la conception de l'unité a été modifiée en conséquence, le cas échéant. Les accidents de base de conception sont des événements hypothétiques qui pourraient se produire dans l'installation en question et qui n'entraîneraient pas de rejets inacceptables de radioactivité dans l'environnement grâce aux systèmes de sûreté intégrés dans la conception.

Examen périodique de sécurité

Les directives internationales encouragent fortement l'amélioration continue de la sûreté nucléaire. L'une de ces améliorations est notamment l'examen périodique de sécurité (*Periodic Safety Review*; PSR). Le PSR fournit des propositions d'amélioration pour renforcer la sûreté nucléaire et éventuellement la fiabilité et la disponibilité de l'installation nucléaire. En Belgique, l'arrêté royal du 25 janvier 1974 et l'arrêté royal du 30 novembre 2011 (article 14 *Révisions périodiques*) portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires stipulent que l'exploitant doit procéder à un examen périodique de sécurité, à des intervalles ne dépassant pas dix ans [Arrêté, 2011]. Au moment de la décision de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2, trois examens de sécurité ont été réalisés, également appelés « examens décennaux ». Le quatrième examen de sécurité a été réalisé dans le cadre du projet.

Le premier PSR (1984) [Electrabel, 2012a] a entraîné les modifications les plus importantes. Par analogie avec les unités CND-3 et CND-4, nouvelles à l'époque, le bâtiment des systèmes de secours (GNS) de CND-1 et CND-2 a été mis en service. La conception du GNS est basée sur des études approfondies d'accidents d'origine externe tels que les tremblements de terre, les explosions de gaz ou les impacts

d'avions. Les systèmes de secours du GNS sont conçus pour assurer les fonctions suivantes, à savoir la préservation de :

- l'inventaire d'eau dans le circuit du réacteur ;
- la sous-criticité du réacteur ;
- la dissipation de la chaleur de désintégration ;
- la salle de contrôle de secours.

D'autres améliorations importantes apportées concernent :

- l'amélioration de la résistance aux tremblements de terre des installations d'importance nucléaire ;
- l'augmentation de la résistance au feu dans la salle de contrôle et la diminution du risque de contamination dans la salle de contrôle par des gaz toxiques et radioactifs ;
- le remplacement des soupapes de sûreté du circuit du réacteur par des soupapes de sûreté à commande hydraulique, afin d'assurer une protection contre les surpressions ;
- l'installation de recombineurs d'hydrogène catalytiques passifs dans les bâtiments des réacteurs pour éviter ou réduire le risque d'explosion d'hydrogène ;
- le remplacement des quatre vannes d'isolement de la conduite de vapeur principale afin d'améliorer la fiabilité de l'isolation rapide des conduites de vapeurs principales.

Le deuxième PSR a été réalisé en 1995 [Electrabel, 2012a]. Dès lors, l'approche structurelle de l'obsolescence et de l'usure est engagée. En outre, les améliorations suivantes ont été apportées :

- la mise à niveau des pompes d'injection de sécurité basse pression pour augmenter leur fiabilité ;
- la mise à niveau de la résistance au tremblement de terre des unités ;
- la réalisation d'un *Probabilistic Safety Assessment* (EPS) pour identifier les faiblesses potentielles des installations. L'impact bénéfique des procédures d'accident modifiées et de l'installation des recombineurs d'hydrogène catalytiques dans les bâtiments du réacteur a ainsi été démontré.

Le troisième PSR [Electrabel, 2012a] s'est concentré sur la confirmation du niveau de sécurité initial, l'évaluation de l'obsolescence des installations et les expériences d'exploitation internes et externes.

Quelques exemples d'améliorations importantes :

- le remplacement des serpentins de refroidissement dans les systèmes de ventilation du bâtiment du réacteur et du bâtiment d'alimentation en électricité ;
- l'application d'un nouveau revêtement sur l'enveloppe extérieure en béton des bâtiments des réacteurs.

Outre les améliorations résultant des PSR, de nombreuses améliorations techniques, procédurales et organisationnelles ont été apportées à la suite [Electrabel, 2012a] :

- d'inspections internes, de la maintenance, des enseignements tirés en interne ;
- de sources externes comme les enseignements tirés en externe, d'études et de recherches, d'adhésions internationales ;

- de incidents et d'accidents nucléaires majeurs, comme ceux de Three Miles Island, Tchernobyl et Fukushima (projet *Belgian Stress Tests* – BEST, initié par l'incident nucléaire de Fukushima).

3.4.7.1 Méthodologie

Les risques maximaux admissibles sont inclus dans le rapport de sécurité. En raison des modifications à l'installation, des analyses d'accidents doivent garantir que l'impact de la modification sur la sûreté nucléaire est maintenu au moins au même niveau de sécurité qu'avant la mise en œuvre [SPFI, 2011]. Les analyses de risques doivent supposer des accidents impliquant un événement potentiel tant interne qu'externe. Quelques exemples d'accidents :

- la défaillance de l'équipement ;
- les accidents avec perte de réfrigérant (LOCA) ;
- la perte de l'alimentation en électricité interne ;
- l'erreur humaine ;
- les accidents comme les incendies, les explosions et les inondations d'origine interne ;
- les conditions météorologiques extrêmes ;
- les inondations ;
- les tremblements de terre ;
- la perte de l'alimentation en électricité externe ;
- les accidents d'avion ; et
- la défaillance des activités industrielles et des transports à proximité (effet domino).

Le risque d'un accident dépend de deux facteurs : la probabilité qu'il se produise et les conséquences de l'événement.

En fonction de la probabilité d'occurrence, les événements potentiels sont classés comme suit :

- I** conditions normales d'exploitation et les transitoires²⁴ (attendus en fonctionnement normal)²⁵ ;
- II** incidents qui se produisent parfois (maximum une fois par an) ;
- III** accidents peu fréquents (un seul pendant toute la durée de l'exploitation) ;
- IV** accidents limités (pratiquement jamais) [Tractebel, 2015].

Les événements de classe I et II ne doivent pas conduire à la perte d'intégrité des barrières retenant les produits radioactifs ; les événements de classe II doivent au maximum conduire à un arrêt automatique du réacteur. Un événement de classe III, qui peut se produire au maximum une fois pendant la période d'exploitation, peut entraîner des dommages mineurs empêchant le redémarrage immédiat du réacteur. Un événement de classe IV peut conduire au rejet de produits radioactifs, bien que la probabilité d'un tel

²⁴Transitoires : déviation par laquelle l'un des paramètres de fonctionnement d'une centrale nucléaire (p. ex. puissance, pression, température, débit du réfrigérant) s'écarte de la valeur définie et par laquelle les commandes automatiques de la centrale sont activées.

²⁵ Ces incidents ne sont donc pas considérés comme « accident » au sens strict.

événement soit très faible. Si une accumulation d'incidents conduit néanmoins à un tel accident, le rejet résultant de l'accident doit respecter les limites applicables.

Afin de déterminer la probabilité des différents accidents, une étude probabiliste de sûreté (*Probabilistic Safety Analysis*; PSA) doit être réalisée. Des données statistiques sont alors utilisées pour calculer la probabilité des scénarios d'accidents qui pourraient conduire à un accident radiologique. La fréquence de fusion du cœur (*Core Damage Frequency* ; CDF) est un indicateur fréquemment utilisé pour démontrer que les objectifs de sûreté nucléaires sont atteints [IAEA,2010]. La fréquence de fusion du cœur du réacteur est une mesure du risque que le combustible nucléaire d'un réacteur soit endommagé par un accident, compte tenu de la manière dont le réacteur est conçu et exploité²⁶. Après le calcul de probabilité, il faut également déterminer les conséquences radiologiques du scénario d'accident, principalement par des calculs de dispersion des matières radioactives libérées.

La dispersion de la radioactivité et la dose efficace engagée qui en résulte sont calculées sur la base d'une méthode approuvée par l'AFCN et établie par la *United States Nuclear Regulatory Commission* [NRC, 1977]. Les résultats doivent être conformes à l'arrêté royal autorisant la construction d'une centrale nucléaire à Doel et aux données générales associées dans le cadre de l'article 37 du traité Euratom [Electrabel, 1981].

Les études de sécurité requises sont documentées dans le rapport de sécurité [VR-CND] et sont périodiquement mises à jour, sur la base de nouvelles connaissances et normes. Pour CND-1 et CND-2, les accidents dits de référence, c'est-à-dire ceux qui peuvent avoir les plus grandes conséquences radiologiques imaginables, consistent en la rupture d'une conduite primaire (*Loss Of Coolant Accident*, LOCA) et un accident de manipulation de combustible (*Fuel Handling Accident*, FHA), [Electrabel, 1981] [VR-CND]. L'évaluation des incidences dans les paragraphes qui suivent se concentre donc sur ces accidents.

Conformément au cadre réglementaire international, il convient d'évaluer les conséquences radiologiques du fonctionnement normal, des accidents envisagés lors de la conception des centrales et de l'accident dit « accident hors dimensionnement » (*Beyond Design Base Accident*, BDBA). Ce cadre réglementaire permet également de faire des hypothèses plus réalistes dans le calcul des conséquences radiologiques des accidents hors dimensionnement que dans le cas des accidents de base de conception. Un accident hors dimensionnement est un accident qui va au-delà d'un accident de base de conception. La probabilité d'occurrence d'un accident hors dimensionnement est encore beaucoup plus faible que la probabilité d'un accident de base de conception. C'est pourquoi la conception des accidents hors dimensionnement ne prend en compte que la manière dont le risque restant peut être réduit par des moyens raisonnables (techniques, organisationnels).

Pour CND-1 et CND-2, un accident hors dimensionnement a été analysé, qui est représentatif de tous les autres accidents hors dimensionnement d'origine interne ou externe, y compris un scénario envisagé par Electrabel de *la chute d'un avion sur la centrale nucléaire*. Il s'agit d'un scénario d'accident très grave (c'est-à-dire avec fusion du cœur du réacteur) dont le premier événement est la perte totale des

²⁶ <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/core-damage-frequency.html> (consulté en février 2021)

alimentations électriques (internes et externes) sans tenir compte des actions correctives ou des interventions des opérateurs du plan d'urgence. Ce scénario est appelé *Complete Station Black-Out* ou CSBO. Dans ce cas, on suppose que l'accident évolue et entraîne la fusion des barres de combustibles dans le cœur du réacteur, la rupture de la cuve, la pressurisation de l'enceinte de confinement primaire, jusqu'à la pression de conception de l'évent filtré et la libération dans l'environnement de toutes les matières radioactives gazeuses présentes via les filtres du *Filtered Containment Vent* (FCV). Les conséquences radiologiques ont été évaluées pour cet accident hors dimensionnement représentatif (CSBO), dont la probabilité d'occurrence est très faible [Tractebel, 2020e].

Analyses d'accidents dans le cadre du projet LTO

Pour l'évaluation des incidences, les projets les plus pertinents sont brièvement décrits ainsi que l'incidence qu'ils peuvent avoir sur la sûreté nucléaire de CND-1 et CND-2. Pour les accidents de référence (LOCA et FHA), il a également été vérifié si, et, le cas échéant, quelles modifications prévues dans le cadre du projet LTO pouvaient influencer les conséquences radiologiques de l'accident en question. Les conséquences radiologiques ont ensuite été déterminées pour la situation impliquant la mise en œuvre des modifications [Tractebel, 2020d].

3.4.7.2 Situation de départ

Afin de permettre la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2, le projet LTO (*Long Term Operation*) a été lancé. Une partie de ce projet est la mise en œuvre du quatrième PSR visant à réévaluer et à améliorer la sûreté nucléaire de la centrale.

Dans le même temps, le *European Nuclear Safety Regulators Group* (ENSREG) a décidé qu'à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, une évaluation complète et transparente des risques et de la sûreté devait être réalisée pour toutes les centrales nucléaires en Europe. En Belgique, cette évaluation a conduit au projet BEST (*Belgian Stress Tests*). Le projet BEST a donc été ajouté au projet LTO.

Le projet LTO (y compris PSR 4 et BEST) a permis d'apporter plusieurs améliorations à la conception [Electrabel, 2012a], notamment :

- l'installation, dans le bâtiment des systèmes d'urgence (GNS), de deux pompes primaires d'eau d'étanchéité de secours (RJ) au lieu d'une seule ;
- l'augmentation de la résistance aux tremblements de terre des *Refuelling Water Storage Tanks* (RWST) de CND-1 et CND-2 afin d'accroître la robustesse de ces unités ;
- l'amélioration de l'extinction automatique des incendies dans la salle des machines ;
- la motorisation des grandes vannes d'isolement entre les trains du circuit de refroidissement à l'arrêt (SC) ;
- l'amélioration de la séparation physique des câbles d'alimentation 6 kV du GNS dans le bâtiment des services de secours électriques (GEH) ;
- l'installation d'un *Filtered Containment Vent* (FCV) ;
- le renforcement des procédures pour les SCRAM tests (*prejob briefing* formel) et le test annuel du contrôle des *scram breakers*.

Toutes les améliorations de conception telles que mentionnées dans le rapport technique de la LTO Doel 1&2 [Electrabel, 2012a] ont été planifiées et mises en œuvre au cours de la période 2012-2018²⁷. Les améliorations de conception seront mises en œuvre étape par étape, dès maintenant, en parallèle avec les actions résultant de l'obsolescence. La phase d'étude, la qualification, la fabrication, la livraison, la construction et l'installation des équipements et des bâtiments doivent être prises en compte. Les préparatifs ont lieu pendant les premières années, de sorte que la période de construction réelle s'étend de 2015 à 2018.

Les modifications les plus pertinentes par rapport aux analyses d'accidents concernent l'installation d'un *Filtered Containment Vent* (FCV) pour protéger l'enclume de confinement contre les surpressions en cas d'accident de fusion du cœur du réacteur et éviter ainsi des conséquences radiologiques inacceptables pour l'environnement [Tractebel, 2020d]. La situation de départ est définie comme la période 2012-2014. Les mesures LTO sont mises en œuvre entre 2015 et 2018. Lors de la situation de départ, le FCV n'est donc pas encore disponible.

CND-3, CND-4 et le WAB ont leur propre cycle d'examen périodique de sécurité. Lors de l'exploitation journalière de ces installations, on aspire en permanence à une amélioration continue et à une sécurité optimale [Electrabel, 2013a].

3.4.7.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des situations accidentelles (accidents de base de conception et accidents hors dimensionnement) sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct :
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées dans la situation de départ (2012-2014) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente²⁸.

²⁷ Les derniers travaux LTO ont été achevés pendant l'arrêt de maintenance de 2019 (qui a duré jusqu'au début de 2020). Étant donné que tous les déchets radioactifs de la phase de construction n'ont pas été traités et que cela aura une incidence sur les totaux pour les années après 2018, la présente EIE suppose qu'aucun travail LTO ne sera effectué à partir de 2019.

²⁸ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

3.4.7.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Le rapport de synthèse LTO contient le plan d'action intégré, qui a été soumis à l'AFCN pour examen [Electrabel, 2015c]. L'AFCN, en collaboration avec Bel V, a analysé ce plan et cette analyse montre que le projet est réalisable et que la sécurité de CND-1 et CND-2 reste démontrée pendant la période de *Long Term Operation* [AFCN, 2015a]. Selon le type de travaux, les mesures LTO peuvent être mises en œuvre pendant l'exploitation normale ou seulement pendant une révision. Ces révisions sont prolongées si nécessaire. Les mesures techniques LTO en particulier ne peuvent être réalisées que lors d'une révision. Ces mesures sont mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet. Le paragraphe 1.5 présente un certain nombre d'améliorations de conception issues du projet LTO (y compris PSR 4) et du projet BEST [Electrabel, 2012a] dans le cadre du plan d'action. L'amélioration de la sécurité pour chacun de ces éléments est indiquée ci-dessous :

- Installation, dans le bâtiment des systèmes d'urgence (GNS), de deux pompes primaires d'eau d'étanchéité de secours (RJ) au lieu d'une seule
Ces deux pompes RJ remplissent le rôle de back-up de toutes les pompes primaires d'eau d'étanchéité de secours présente. L'étude probabiliste de sûreté montre que cela réduit sensiblement la probabilité d'une fusion nucléaire ; en d'autres termes, la probabilité d'une situation accidentelle impliquant une fusion nucléaire est sensiblement réduite.
- Augmentation de la résistance aux tremblements de terre des *Refuelling Water Storage Tanks* (RWST) de CND-1 et CND-2 afin d'accroître la robustesse de ces unités
En rendant les RWST plus résistants aux tremblements de terre, la robustesse de toute l'installation est accrue. Ces réservoirs constituent une maîtrise de conception, afin de disposer d'eau borée en cas de situations accidentelles. Cette eau peut être utilisée pour refroidir le cœur du réacteur et éviter une réaction nucléaire en chaîne.
- Amélioration de l'extinction automatique des incendies dans la salle des machines
En plus de l'amélioration de l'extinction automatique des incendies, des murs coupe-feu supplémentaires sont installés au sous-sol de la salle des machines. On évite ainsi une éventuelle propagation horizontale de l'huile. En plus de l'efficacité accrue des systèmes d'extinction, cela réduit considérablement le risque d'un incendie d'huile dans la salle des machines.
- Motorisation des grandes vannes d'isolement entre les trains du circuit de refroidissement à l'arrêt (SC)
Cette motorisation (et automatisation) permet de fermer plus rapidement les vannes d'isolement, ce qui signifie qu'un train SC peut être isolé plus rapidement si nécessaire.
- Amélioration de la séparation physique des câbles d'alimentation 6 kV du GNS dans le bâtiment des services de secours électriques (GEH)
Cette séparation physique réduira considérablement la probabilité de défaillance simultanée de plusieurs câbles d'alimentation en raison d'un incendie. Cela permettra donc d'accroître la fiabilité des systèmes de sécurité du GNS.

- Installation d'un *Filtered Containment Vent* (FCV)
Il n'est pas à exclure qu'un accident extrême (dont la probabilité d'occurrence est très faible) puisse provoquer une surpression dans le bâtiment du réacteur. Pour éviter une surpression, le bâtiment du réacteur doit pouvoir être éventé. Afin de libérer le moins de radioactivité possible en même temps, le bâtiment du réacteur doit être éventé via un filtre dans une telle éventualité.
- Renforcement des procédures pour les SCRAM tests (*prejob briefing* formel) et test annuel du contrôle des *scram breakers*.
En renforçant les procédures des SCRAM tests, les risques d'erreurs lors de ces tests sont réduits. Cela augmente donc la fiabilité des systèmes SCRAM²⁹.

Les autres mesures LTO du plan d'action contribuent à l'amélioration de la sûreté de CND-1 et CND-2. L'ensemble de ces mesures réduit la probabilité d'une situation accidentelle.

Outre les diverses améliorations de la sûreté, la gestion de l'obsolescence et la qualification des composants des unités ont été perfectionnées dans le cadre du plan d'action intégré afin d'assurer la disponibilité et la fiabilité de CND-1 et CND-2.

On suppose que l'achèvement des mesures n'aura lieu qu'à la fin de la période 2015-2018, de sorte qu'aucun crédit ne peut être attribué à ces mesures au cours de cette période.

3.4.7.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après la mise en œuvre de toutes les mesures LTO, la sûreté nucléaire de CND-1 et CND-2 est revue à la hausse. La probabilité d'une situation accidentelle entraînant des rejets radioactifs est donc réduite, au même titre que la probabilité d'une incidence environnementale potentielle.

Dans le cadre du projet, l'étude probabiliste de sûreté (PSA) a été mise à jour et l'indice de probabilité de dégât potentiel au cœur (CDF) a également été mis à jour. Par rapport à la situation de départ, le CDF a été réduit de plus de la moitié. Plus le CDF est faible, plus la probabilité d'un dégât au cœur est faible et donc plus la centrale nucléaire est sûre. Notons que le CDF dans la situation de départ était déjà inférieur à l'objectif de l'IAEA. Grâce aux mesures LTO, CND-1 et CND-2 se rapprochent des valeurs cibles pour les nouveaux réacteurs, en vertu du SSG-3 de l'IAEA [IAEA, 2010].

Les accidents de base de conception de référence, qui sont valables pour CND-1 et CND-2, LOCA (rupture d'une conduite primaire) et FHA (accident de manipulation de combustible dans le bassin de stockage de combustible), ont de nouveau été analysés dans le cadre du projet [Tractebel, 2020d]. Cela a également été fait pour l'accident hors dimensionnement de référence, le *Complete Station Black-Out* (CSBO) [Tractebel, 2020e]. La dose efficace déterminée de manière prudente³⁰ résultant de ces accidents est présentée au Tableau 3-42.

²⁹ Le système SCRAM permet d'arrêter une réaction en chaîne nucléaire.

³⁰ En vertu des directives applicables, dont : Safety Guidance on the application of conservative and less conservative approaches for the analysis of radiological consequences, Bel V, June 2017.

Tableau 3-42 Dose efficace et dose de la glande thyroïde à la limite du site de la CND résultant d'accidents LOCA ou FHA, comparée aux limites de dose décrites dans les conditions générales dans le cadre de l'article 37 du traité Euratom, qui fait partie de l'autorisation, en mSv. Les deux doses sont déterminées pour le modèle le plus pessimiste. L'accident hors dimensionnement de référence est le CSBO.

Accident de référence		Dose à la limite du site [mSv]	Limite autorisée [mSv]
LOCA	Dose efficace	1,96	20,4
	Dose de la glande thyroïde	38,5	38,5
FHA dans le bassin de stockage de combustible	Dose efficace	1,44	5,7
	Dose de la glande thyroïde	16,9	24,7
CSBO	Dose efficace	13,2	Néant
	Dose de la glande thyroïde	5,5	Néant

Le tableau ci-dessus montre que les doses efficaces engagées résultant des accidents de base de conception de référence restent dans les limites fixées. On note également que les doses pour l'accident hors dimensionnement CSBO sont inférieures aux limites applicables à la limite du site telles que décrites dans les conditions générales de l'article 37 du traité Euratom dans le cadre de l'autorisation [Electrabel, 1981].

CND-3, CND-4, le WAB et le SCG sont exploités simultanément et ne font pas partie du projet. Par conséquent, la probabilité d'une éventuelle situation accidentelle impliquant un rejet radioactif ne change pas. La probabilité d'une incidence environnementale ne change donc pas non plus. En résumé, la probabilité d'une incidence environnementale diminue pour l'ensemble du site.

3.4.7.3.3 Option zéro

En l'absence d'une prolongation de la durée de vie, CND-1 et CND-2 seront définitivement mises à l'arrêt. Les éléments combustibles devront encore être refroidis pour évacuer la chaleur qui en résulte, dans un premier temps dans le circuit de refroidissement du réacteur. Les réacteurs seront définitivement déchargés. Les éléments combustibles seront transférés vers le bassin de stockage de combustible et seront refroidis par les circuits de refroidissement de ce bassin. Cette phase de transition aura lieu jusqu'au début du démantèlement, aussi bien de la cadre de l'option zéro (pas de projet) que dans la situation du projet.

Dans les deux situations, la phase de transition est similaire en termes de durée et de préparatifs en vue du démantèlement. La seule différence est le moment de la mise à l'arrêt définitif. Il n'y aura pas non plus de différence en matière de sûreté nucléaire entre l'option zéro (pas de projet) et le projet. Cela s'applique également aux incidents impliquant un éventuel rejet radioactif et aux incidences environnementales qui en découlent. La seule différence est que dans l'option zéro, le risque d'un accident hypothétique n'existe plus.

CND-3, CND-4, le WAB et le SCG sont exploités simultanément et la probabilité d'une situation accidentelle entraînant des rejets radioactifs ne change pas pour ces installations. Ainsi, la probabilité d'une incidence environnementale ne change pas non plus. En résumé, pour l'ensemble du site, la probabilité d'une incidence environnementale provoquée par une situation accidentelle dans l'option zéro (pas de projet) sera inférieure à celle de la situation de départ, car CND-1 et CND-2 ne seront plus exploitées.

Mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2

Lors de la phase 1 de la MAD, tous les éléments combustibles provenant des deux réacteurs sont transférés vers le bassin de stockage de combustible. La phase 1 prend fin lorsque tous les éléments combustibles ont été transférés. À partir de ce moment, seule la chaleur générée par le réacteur sera dissipée via les circuits de refroidissement du bassin de stockage de combustible. Lorsque les deux réacteurs seront déchargés, les accidents de réacteurs décrits dans le rapport de sécurité ne seront plus pertinents [VR-CND]. Le seul accident encore pertinent est l'accident de manipulation de combustible (FHA) dans le bassin de stockage de combustible.

Comme des éléments combustibles sont encore présents pendant les phases 2 et 3 de la mise à l'arrêt définitif, le seul accident pertinent pendant ces deux phases est le FHA. Comme indiqué au Tableau 3-42, la dose efficace à la limite du site et la dose de la glande thyroïde résultant de cet accident restent inférieures aux limites applicables.

Dans la phase 4 de la MAD, il n'y a plus de matériaux contenant des combustibles nucléaires dans les réacteurs et l'accident FHA ne se produira donc plus.

3.4.7.4 Incidences transfrontalières

Bien que la probabilité soit très faible, les conséquences des accidents majeurs auront un impact transfrontalier. Les effets pour les Pays-Bas sont particulièrement pertinents en raison de la proximité de cette frontière et de la direction du vent la plus courante (sud-ouest), qui transportera tout radionucléide libéré vers le territoire néerlandais. Comme les mesures du projet réduisent la probabilité et les conséquences possibles des accidents, cette diminution s'appliquera également au territoire néerlandais.

Dans les analyses d'accidents effectuées dans le cadre du projet, les conséquences radiologiques possibles de l'accident concerné à la frontière néerlandaise ont été examinées pour les accidents de référence (LOCA et FHA) [Tractebel, 2020d]. Le Tableau 3-43 donne les résultats prudents, déterminés selon les directives applicables, qui montrent que les deux accidents de référence respectent les limites correspondantes à la frontière néerlandaise [Tractebel, 2020d]. Cela a également été fait pour l'accident hors dimensionnement de référence, le *Complete Station Black-Out* (CSBO) [Tractebel, 2020e].

Tableau 3-43 Dose efficace et dose de la glande thyroïde à la frontière néerlandaise résultant d'accidents LOCA ou FHA, comparée aux limites de dose décrites dans les informations générales dans le cadre de l'article 37 du traité

Euratom, qui fait partie de l'autorisation, en mSv. Les deux doses sont déterminées pour le modèle le plus pessimiste. L'accident hors dimensionnement de référence est le CSBO.

Accident de référence		Dose à la frontière néerlandaise [mSv]	Limite autorisée [mSv]
LOCA	Dose efficace	0,28	2,7
	Dose de la glande thyroïde	5,4	5,4
FHA dans le bassin de stockage de combustible	Dose efficace	0,46	1,5
	Dose de la glande thyroïde	5,4	8,0
CSBO	Dose efficace	0,45	Néant
	Dose de la glande thyroïde	0,19	Néant

Le tableau ci-dessus montre que les doses efficaces engagées résultant des accidents de base de conception de référence restent dans les limites fixées. Pour l'accident hors dimensionnement de référence CSBO, les doses à la frontière néerlandaises sont inférieures aux limites autorisées à la frontière néerlandaise décrites dans les informations générales de l'article 37 du traité Euratom, qui font partie de l'autorisation [Electrabel, 1981]. Notons également que les doses sont inférieures à la dose indiquée pour l'évacuation, la mise à l'abri et la prise d'iode stable dans l'arrêté royal portant fixation du plan d'urgence [Arrêté, 2018] (cf. Tableau 3-44).

Tableau 3-44 Niveau de référence de la dose dans le cadre des plans d'urgence nucléaire et radiologique

Mesure de protection	Critères de dose et période d'intégration	Groupe cible	Valeur guide [mSv]
Mise à l'abri	Dose efficace en 24 heures		5
Prise d'iode stable	Dose équivalente à la glande thyroïde	Enfants, femmes enceintes et femmes allaitantes	10
		Adultes	50
Évacuation	Dose efficace en 7 jours		50

Selon la gravité de l'accident et les conditions météorologiques, les radionucléides peuvent également atteindre les autres pays européens. Le 13 août 2020, dans le cadre de la nouvelle loi sur le report du démantèlement de CND-1 et CND-2, le Service public fédéral Économie en a informé les autorités des pays situés dans un rayon de 1000 km autour de CND-1 et CND-2. Pour la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni (limitrophes à la Belgique), les calculs de dose ont été effectués sur la base des calculs pour la frontière néerlandaise, qui ont à leur tour été effectués sur la base des accidents de base de conception FHA et LOCA. Ces calculs montrent que les doses seraient réduites d'un facteur 65 pour la France, 80 pour l'Allemagne, 120 pour le Luxembourg et 130 pour le Royaume-Uni par rapport aux résultats obtenus à la frontière néerlandaise. Pour les autres frontières situées dans un rayon de 1 000 km de CND-1 et CND-2 (comme la Suède, l'Autriche, la Pologne, la République tchèque, le Danemark et l'Irlande), les conséquences sont limitées par les incidences évaluées à la frontière luxembourgeoise, c'est-à-dire au moins 120 fois plus faibles qu'à la frontière néerlandaise. De ce fait, l'impact radiologique dû aux accidents de base de conception est non pertinent [Tractebel, 2020d].

Les conséquences radiologiques de l'accident hors dimensionnement de référence CSBO ont également été évaluées. Cette évaluation montre que les doses seraient réduites d'environ un facteur 55 pour la France, 67 pour l'Allemagne, 103 pour le Luxembourg et 114 pour le Royaume-Uni par rapport aux résultats obtenus à la frontière néerlandaise, ce qui donne des résultats nettement inférieurs. Pour les autres frontières situées dans un rayon de 1 000 km de CND-1 et CND-2 (comme la Suède, l'Autriche, la Pologne, la République tchèque, le Danemark et l'Irlande), les conséquences sont limitées par les incidences évaluées à la frontière luxembourgeoise, c'est-à-dire au moins 103 fois plus faibles qu'à la frontière néerlandaise. De ce fait, l'impact radiologique dû aux accidents hors dimensionnement est non pertinent [Tractebel, 2020e].

3.4.7.5 Suivi

Toute modification à la centrale est coordonnée avec l'AFCN. Dans ce contexte, des calculs sont effectués pour déterminer l'incidence de la modification sur la sûreté nucléaire. La modification en question ne peut être mise en œuvre qu'après approbation de l'AFCN.

3.4.7.6 Mesures d'atténuation

Electrabel peut (et doit) respecter les critères d'accidents en vigueur en Belgique. À cette fin, CND-1 et CND-2, ainsi que CND-3, CND-4, le WAB et le SCG, disposent de différents équipements de sécurité et d'un plan d'urgence qui doit être conforme au plan national d'urgence nucléaire et radiologique. Des mesures d'atténuation supplémentaires ne sont donc pas nécessaires dans le cadre du projet.

3.4.7.7 Lacunes de connaissances

Il n'existe aucune lacune de connaissances qui affecte l'examen des alternatives et qui entrave le processus décisionnel.

3.4.7.8 Conclusions

Après la mise en œuvre des mesures LTO (le projet), la sûreté nucléaire est améliorée. L'actualisation de l'étude probabiliste de sûreté (PSA) montre que la fréquence de fusion du cœur (CDF) a été réduite de plus de la moitié. Par conséquent, la probabilité d'une situation accidentelle entraînant des rejets radioactifs lors de la période d'exploitation est inférieure à celle de la situation de départ. Le *Filtered Containment Vent* (FCV) en particulier réduit la probabilité d'un rejet radioactif éventuel résultant d'une situation accidentelle potentielle.

Les accidents de référence de perte de réfrigérant (LOCA), de manipulation de combustible (FHA) dans le bassin de stockage et de black-out complet (CSBO) ont de nouveau été analysés pour le projet. Pour les trois accidents de référence, la dose est inférieure aux limites applicables telles que décrites dans les informations générales de l'article 37 du traité Euratom dans le cadre de l'autorisation [Electrabel, 1981]. Il convient également de noter que pour l'accident hors dimensionnement de référence, les doses sont inférieures à la dose indiquée pour l'évacuation, la mise à l'abri et la prise d'iode stable dans l'arrêté royal portant fixation du plan d'urgence [Arrêté, 2018] (cf. Tableau 3-44).

Pour les pays plus éloignés de la CND que les Pays-Bas, les facteurs de dose sont inférieurs à la dose à la frontière néerlandaise. L'impact radiologique dû aux accidents de références est donc non pertinent.

Dans l'option zéro, la probabilité d'une incidence environnementale provoquée par une situation accidentelle sur le site de la CND sera encore plus faible que dans la situation du projet, car CND-1 et CND-2 ne seront plus exploitées.

Grâce à l'organisation d'urgence de la CND et au plan national d'urgence nucléaire et radiologique, les conséquences possibles d'une éventuelle situation accidentelle sont maîtrisées.

3.4.8 Dose efficace engagée totale

3.4.8.1 Méthodologie

Ce paragraphe détermine la dose efficace engagée totale maximale à laquelle un membre de la population peut être exposé du fait de l'exploitation de la CND. Cette dose efficace engagée totale provient de quatre sources, qui sont décrites séparément dans les paragraphes qui précèdent :

- le rayonnement direct (paragraphe 3.4.1) ;
- la dose efficace engagée résultant des rejets gazeux (paragraphe 3.4.3) ;
- la dose efficace engagée résultant des rejets liquides (paragraphe 3.4.4).

La dose maximale à laquelle un membre de la population peut être exposé est calculée pour un « individu critique », qui est un individu qui peut recevoir la dose maximale sur la base d'hypothèses très prudentes. On suppose par exemple que l'individu se trouvera à la limite du site où le débit de dose est le plus élevé tout au long de l'année, mais également à l'endroit où l'activité aérienne est la plus élevée et où le dépôt d'activité est le plus élevé.

La dose efficace engagée totale résultant des rejets liquides et atmosphériques est basée sur les calculs de dose selon la méthode publiée par la *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) [NRC, 1977], transposée au contexte belge par l'AFCN et fixée dans « Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique » [AFCN, 2013a].

La dose directe est basée sur les mesures à la limite du site. La dose efficace engagée totale pour la population résultant de l'exploitation est comparée à la limite légale du RGPRI de 1 mSv par an [RGPRI]. Comme décrit précédemment, cette limite de 1 mSv s'applique à la dose résultant de l'exploitation d'une installation nucléaire et s'ajoute au rayonnement de fond naturel (environ 4,0 mSv par an) [AFCN 2018].

3.4.8.2 Situation de départ

La dose efficace engagée totale résultant de l'exploitation de l'ensemble du site (CND) pour un individu critique adulte est résumée au Tableau 3-45. La dose efficace engagée résultant des rejets liquides et atmosphériques est basée sur les calculs de dose selon la méthode publiée par la *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) [NRC, 1977]. La dose directe est basée sur la mesure la plus élevée à la limite du site (Tableau 3-3). Cette dose mesurée a été corrigée pour le rayonnement de fond naturel, comme déterminé par l'AFCN pour le nord de la Belgique (0,7 mSv par an) [AFCN 2018]. La dose ainsi déterminée est la dose (maximale) la plus prudente qu'un membre de la population pourrait recevoir du fait de l'exploitation de la centrale nucléaire. Une surestimation de l'exposition réelle est ainsi calculée.

Tableau 3-45 Dose efficace engagée pour un adulte résultant de l'exploitation de la CND dans la situation de départ (2012-2014)

Année	Direct [mSv/an]	Gazeux [mSv/an]	Liquide [mSv/an]	Total [mSv/an]
2012	0,22	0,0098	0,0011	0,23
2013	0,22	0,0094	0,00077	0,23
2014	0,20	0,0094	0,00060	0,21

La dose efficace engagée totale pour un adulte est déterminée par le rayonnement direct à la limite du site. Les rejets tant dans l'Escaut que dans l'atmosphère ne contribuent que marginalement à la dose efficace engagée.

La dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 est résumée au Tableau 3-46. Il s'agit du résumé pour la dose efficace engagée pour le rayonnement direct, pour les rejets liquides et les rejets gazeux (paragraphe 3.4.1, paragraphe 3.4.3, paragraphe 3.4.4). Étant donné que le rayonnement direct à la limite du site contribue le plus à la dose totale et qu'il est indépendant de l'âge, les doses ne diffèrent que de manière marginale entre les catégories d'âge.

Tableau 3-46 Dose efficace engagée totale pour un individu critique résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 dans la situation de départ

Année	Dose efficace engagée totale de CND-1 et CND-2 [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2012	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
2013	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
2014	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

La dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de la CND (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4, WAB et SCG) est résumée au Tableau 3-47. De même, la dose directe à la limite du site apporte la contribution la plus élevée à la dose totale provenant du site, ce qui n'entraîne que des différences marginales dans la dose totale entre les catégories d'âge. La dose efficace engagée reste bien inférieure à la limite légale de 1 mSv par an, quelle que soit l'année.

Tableau 3-47 Dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de la CND dans la situation de départ

Année	Dose efficace engagée totale de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2012	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
2013	0,22	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
2014	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Sur la base des limites autorisées	1	1	1	1	1	1

3.4.8.3 Évaluation des incidences

Les conséquences possibles des rejets gazeux sur l'environnement sont évaluées pour les deux scénarios étudiés :

- Mise en œuvre du projet
Ce scénario est divisé en deux phases, chacune étant traitée dans un paragraphe distinct :
 - Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 : constitution des mesures LTO. Celles-ci sont principalement mises en place durant les révisions. Electrabel exploite également CND-1 et CND-2 durant cette période.
 - Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) : exploitation régulière après la mise en œuvre des mesures LTO.
- Option zéro, le projet n'est pas réalisé et l'exploitation de CND-1 et CND-2 prend fin en 2015.

L'impact de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 est basé sur les données collectées dans la situation de départ (2012-2014) et est déterminé pour la période 2015-2025. Dans la mesure du possible, les données disponibles ont été utilisées pour confronter les incidences attendues aux données réelles de la période 2015-2018. Dans le cadre de l'évaluation du projet et de l'option zéro, on suppose que les incidences environnementales de CND-3, CND-4 et du WAB resteront identiques à celles de la situation de départ jusqu'en 2025 inclus. Il s'agit d'une hypothèse prudente³¹.

3.4.8.3.1 Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Un ensemble de mesures visant à améliorer la sûreté des unités a été mis en place comme condition à la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2. Ces mesures LTO seront mises en œuvre au cours de la période 2015-2018, appelée « phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 » dans le cadre de ce projet.

Lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, ces deux unités seront exploitées ; les mesures seront mises en œuvre principalement pendant les révisions. Comme les travaux ont principalement lieu lors des révisions, aucune augmentation significative des rejets liquides et atmosphériques n'est attendue. Bien que le blindage des bâtiments des réacteurs soit suffisant pour éviter

³¹ Pour une explication plus détaillée de cette hypothèse, il est fait référence au paragraphe 1.1.3.

une dose significative à la limite du site, les transports locaux, par exemple vers le bâtiment de traitement des eaux et des déchets, peuvent entraîner une légère augmentation de la dose à la limite du site.

Compte tenu de la nature de ce projet, la dose pendant la période d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 est déjà connue. Ces données sont résumées au Tableau 3-48, et, à l'exception du rayonnement direct, ne montrent aucun changement significatif par rapport à la situation de départ.

Comme décrit précédemment, la dose due au rayonnement direct est légèrement supérieure par rapport à celle de la situation de départ, ce qui serait dû à des transports internes supplémentaires de matières radioactives.

Tableau 3-48 Dose efficace engagée pour un adulte résultant de l'exploitation de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Année	Direct [mSv/an]	Gaz [mSv/an]	Liquide [mSv/an]	Total [mSv/an]
2015	0,31	0,0099	0,00046	0,32
2016	0,29	0,010	0,00084	0,29
2017	0,26	0,0093	0,00082	0,27
2018	0,27	0,010	0,00072	0,27

La dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 est résumée au Tableau 3-49. Le Tableau 3-50 donne le résumé résultant de l'exploitation de la CND (CND-1, CND-2, CND-3, CND-4, WAB et SCG).

Tableau 3-49 Dose efficace engagée totale pour un individu critique résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 dans la situation de départ

Année	Dose efficace engagée totale de CND-1 et CND-2 [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2015	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
2016	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
2017	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2018	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

Tableau 3-50 Dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018

Année	Dose efficace engagée totale de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
2015	0,31	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32
2016	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30
2017	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
2018	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28
Sur la base des limites autorisées	1	1	1	1	1	1

Comme pour la situation de départ, tant pour le site de la CND que pour CND-1 et CND-2 combinées, le rayonnement direct à la limite du site contribue le plus à la dose efficace engagée totale, ce qui n'entraîne que des différences très marginales entre les différentes catégories d'âge. La dose efficace engagée reste bien inférieure à la limite légale de 1 mSv par an, quelle que soit l'année.

3.4.8.3.2 Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025)

Après la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, les unités seront exploitées dans une nouvelle phase, appelée « phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) ». Il est probable que la dose pendant la phase d'exploitation dans la situation future ne différera pas significativement de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018. La dose efficace engagée totale de la CND est représentée graphiquement à la Figure 3-36.

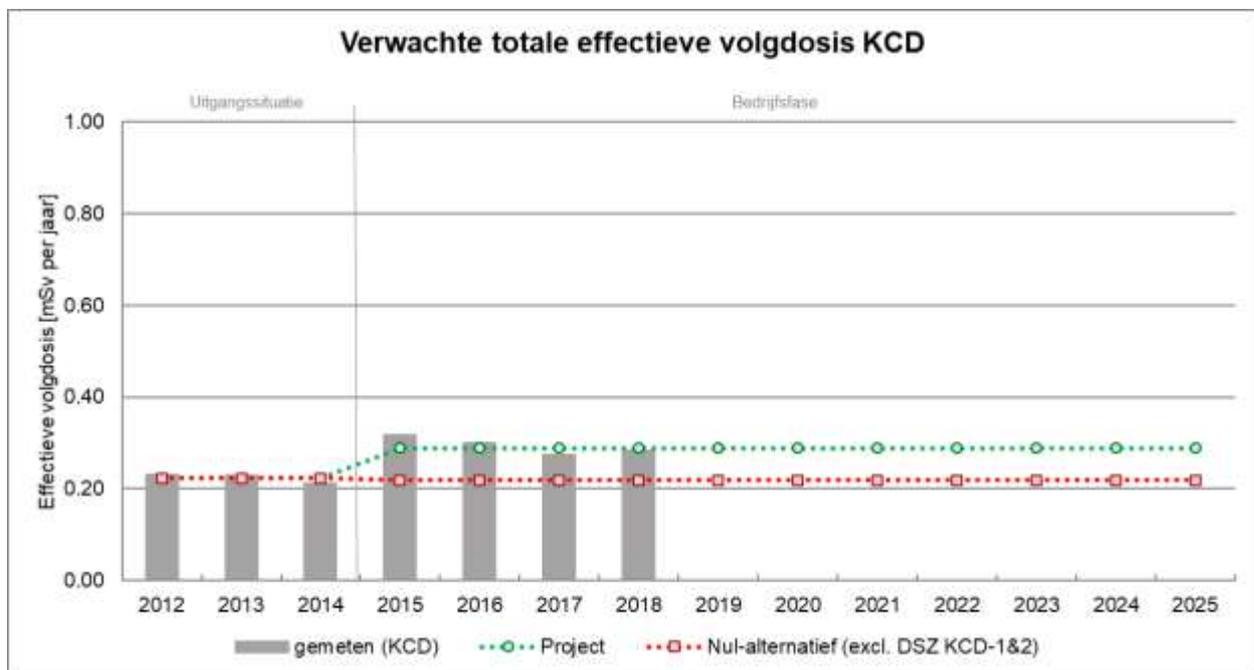


Figure 3-36 Dose efficace engagée totale attendue de la CND résultant du rayonnement direct, des rejets liquides et des rejets gazeux, à la fois pour le projet et pour l'option zéro

Incidences cumulatives du projet

Sur la base des descriptions précédentes, la dose cumulative maximale résultant de ce projet devrait

s'élever à 3,3 mSv (11 ans à 0,30 mSv/an (moyenne pour 2015-2018)). Étant donné que les différents calculs de dose utilisent également une méthode extrêmement prudente, la dose cumulative calculée résultant de ce projet est une large surestimation de la dose réelle.

La dose cumulative calculée de 3,3 mSv est néanmoins bien inférieure à la limite de dose cumulative induite³² (11 ans x 1 mSv = 11 mSv) et aucune incidence significative n'est attendue. À titre d'exemple, la dose de fond moyenne en Belgique pour la période de ce projet est d'environ 43 mSv [AFCN, 2018].

3.4.8.3.3 Option zéro

Dans l'option zéro, CND-1 et CND-2 cesseront leurs activités et la mise à l'arrêt définitif sera enclenchée. La différence entre le projet et l'option zéro est déterminée par l'augmentation de la dose de rayonnement direct à la limite du site, qui est probablement causée par le plus grand volume de combustibles usés stockés dans le SCG. Par ailleurs, la mise à l'arrêt de CND-1 et CND-2 mettra fin aux rejets gazeux et liquides dus à l'exploitation de ces unités.

Comme décrit au paragraphe 3.4.1 et au paragraphe 3.4.6, la MAD n'a aucun impact ou un impact temporairement limité sur les aspects environnementaux considérés. De manière générale, on peut affirmer que l'impact radiologique annuel pendant la MAD est inférieur à celui résultant de l'exploitation de l'unité concernée.

Ce phénomène s'observera dans les deux scénarios, mais se produira dix ans plus tard dans la situation du projet par rapport à l'option zéro. La mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 sera vraisemblablement réalisée de manière similaire dans les deux scénarios, de sorte que les incidences environnementales ne devraient pas différer entre ces deux scénarios.

3.4.8.4 Incidences transfrontalières

Incidentes de dose à la frontière néerlandaise

L'article 9.2.1 du décret néerlandais du 23 octobre 2017 fixant les règles de protection des personnes contre les dangers de l'exposition aux rayonnements ionisants (Bbs) stipule que la dose maximale résultant de l'exploitation d'une installation nucléaire pour un membre de la population néerlandaise ne peut excéder 0,1 mSv par an. Il s'agit de la limite de dose néerlandaise due au rayonnement direct et aux rejets liquides et gazeux. Le Tableau 3-51 présente, sur la base de ce qui a été décrit dans le cadre des incidences transfrontalières pour le rayonnement direct (paragraphe 3.4.1), les rejets gazeux (paragraphe 3.4.3) et les rejets liquides (paragraphe 3.4.4), la dose efficace engagée totale pour la population néerlandaise résultant de l'exploitation de la CND.

³² Il ne s'agit pas d'une limite légale. La limite légale est de 1 mSv par an [RGPRI].

Tableau 3-51 Dose efficace engagée résultant de l'exploitation de la CND pour la population néerlandaise

Direct [mSv/an]	Gazeux [mSv/an]	Liquide [mSv/an]	Total [mSv/an]
0,000078	< 0,027	0,00042	< 0,027

Le tableau ci-dessus permet de conclure que la limite d'exposition pour la population néerlandaise résultant de l'exploitation de la CND est respectée.

Incidences de dose à la frontière avec d'autres pays voisins

Pour les autres pays frontaliers (France, Allemagne, Luxembourg et Royaume-Uni), la dose efficace engagée a également été calculée sur la base de la distance entre la frontière concernée et la CND. Ces frontières se trouvent à une distance bien plus grande de la CND que la frontière néerlandaise, à savoir respectivement environ 97 km, 117 km, 177 km et 195 km. Compte tenu de ces distances, la contribution du rayonnement direct à la dose totale est réduite à néant. Les calculs réalisés selon les modèles de dispersion habituels, montrent que la dose efficace engagée aux frontières de la France, de l'Allemagne, du Luxembourg et du Royaume-Uni est nettement inférieure et reste donc bien en dessous de la limite de 1 mSv par an. Le résultat de ces calculs, résultant à la fois des rejets atmosphériques et des rejets liquides, pour les différentes catégories d'âge est présenté au Tableau 3-52 pour la CND.

Tableau 3-52 Dose efficace engagée totale due aux rejets atmosphériques et liquides de la CND basée sur les limites autorisées pour les frontières avec la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni

	Dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques de la CND [mSv/an]					
	< 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
France	0,0011	0,0013	0,0011	0,0097	0,0010	0,00096
Allemagne	0,00097	0,0011	0,00098	0,00086	0,00091	0,00085
Luxembourg	0,00075	0,00087	0,00075	0,00066	0,00070	0,00065
Royaume-Uni	0,00070	0,00082	0,00071	0,00062	0,00066	0,00061

3.4.8.5 Lacunes de connaissances

Les incertitudes existantes dans les connaissances concernant la dose totale ont été décrites aux sections portant sur le rayonnement direct (paragraphe 3.4.1), sur la dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques (paragraphe 3.4.3) et sur la dose efficace engagée résultant des rejets liquides (paragraphe 3.4.4).

Les connaissances disponibles sont suffisantes pour déterminer les incidences de dose totale du présent projet. Les lacunes de connaissances n'affectent donc pas l'évaluation et n'entravent pas le processus décisionnel.

3.4.8.6 Conclusions

Sur la base de la dose estimée résultant du projet et de l'option zéro, on peut conclure que la limite légale pour la population [RGPRI] est respectée. Aucun impact significatif sur l'homme et l'environnement n'est donc à prévoir.

Références

RGPRI	Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre les dangers des rayonnements ionisants (RGPRI), État belge, 2001, Bruxelles
Arrêté, 2003	Arrêté royal du 17 octobre 2003 portant fixation du plan d'urgence nucléaire et radiologique pour le territoire belge (M.B. 20/11/2003)
Arrêté, 2011	Arrêté royal du 30 novembre 2001 portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires, 2011, Bruxelles.
Arrêté, 2018	Arrêté royal du 1 mars 2018 portant fixation du plan d'urgence nucléaire et radiologique pour le territoire belge, Moniteur belge, 2018, Bruxelles
Bos, 2000	Inleiding tot de stralingshygiëne, A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, e.a., Maarsen, 2000
Chopin, 2013	Radiochemistry and Nuclear Chemistry (Chapter 13), G. Choppin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg & C. Ekberg, 2013.
CSD, 2019	Centrale nucléaire de Tihange - Construction de trois bâtiments destinés à la manutention et à l'entreposage temporaire d'emballages contenant du combustible nucléaire usé (projet SF ²), NA02320.100, CSD Ingénieurs, avril 2019, Namen, België
Electrabel, 1981	Nucleaire vestigingsplaats Doel: Algemene gegevens in het kader van art. 37 van het Euratomverdrag, november 1981
Electrabel, 2011	Kerncentrale Doel Rapport Weerstandstesten – Bijkomende veiligheidsvoorziening van de installaties, Electrabel, oktober 2011, Brussel, België
Electrabel, 2012	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2012, Electrabel, 2012, Doel, België
Electrabel, 2012a	Long Term Operation Technisch Rapport Doel 1&2, versie 2.0, Electrabel, Juni 2012, Brussel, België.
Electrabel, 2013	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2012, 10010404371/000/00, Electrabel, april 2013, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2013a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2013, Electrabel, 2013, Doel, België
Electrabel, 2014	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2013, 10010467439/000/00, Electrabel, april 2014, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2014a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2014, Electrabel, 2014, Doel, België

Electrabel, 2015	On-site monitoring programma KCD, 10010344280/000/02, Electrabel, September 2015, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2015a	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2014, 10010535110/000/00, Electrabel, april 2015, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2015b	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2015, Electrabel, 2015, Doel, België
Electrabel, 2015c	Verantwoord veilig verder uitbaten 2015 – 2025, Long Term Operation, Syntheserapport – Doel 1 en Doel 2, april 2015 – versie 0, Brussel, België.
Electrabel, 2016	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2015, 10010608742/000/00, Electrabel, april 2016, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2016a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2016, Engie Electrabel, 2016, Doel, België
Electrabel, 2017	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2016, 10010679961/000/00, Electrabel, april 2017, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2017a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2017, Engie Electrabel, 2017, Doel, België
Electrabel, 2018	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2017, 10010747780/000/00, Electrabel, april 2018, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2018a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2018, Engie Electrabel, 2018, Doel, België
Electrabel, 2019	Radioactieve Lozingen KCD – Jaarverslag 2018, 10010831621/000/00, Electrabel, april 2019, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Electrabel, 2019a	Kerncentrale Doel Milieuverklaring 2019, Engie Electrabel, 2019, Doel, België
Electrabel, 2020	Email conversatie met specialist radioactief afval, april 2020.
Electrabel, 2020a	Email conversatie met stralingsbeschermingsdeskundige (February –May 2020)
ENGIE, 2020	email conversatie met specialist O&NV, 4 mei 2020
ENSREG, 2011	Declaration of ENSREG, European Nuclear Safety Regulatory Group, 13 mei 2011
UE, 2013	Directive fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants, 2013/59/EURATOM, Conseil de l'Union européenne, 5 décembre 2013, Bruxelles, Belgique.
AFCN, 2009	Strategienota “Long term operation van Belgische Kerncentrales: Doel 1/2 en Tihange 1”, Nota nr. 008-194, herz.2, FANC, september 2009

AFCN, 2011	Tests de résistance belges - Rapport national pour les centrales nucléaires, AFCN, décembre 2011 / Belgische weerstandstesten – Nationaal rapport voor de kerncentrales, FANC, december 2011
AFCN, 2013	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2012, FANC, september 2013, Brussel, België
AFCN, 2013a	Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routines pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique, 2012-11-19-KO-5-4-1-FR, AFCN, 2013
AFCN, 2014	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2013, FANC, september 2014, Brussel, België
AFCN, 2014a	Radioactieve lozingen van de nucleaire inrichtingen van klasse I in 2013, FANC, juni 2014, Brussel, België
AFCN, 2015	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2014, FANC, september 2015, Brussel, België
AFCN, 2015a	Long Term Operation Doel 1 & 2 – Finale Evaluatie Actieplan, 2015-08-18-MVDH-5-4-8-NL, FANC, augustus 2015, Brussel, België.
AFCN, 2015b	Guideline - Safety demonstration of new class I nuclear installations - Approach to Defence-in-Depth, radiological safety objectives and application of a graded approach to external hazards, 2013-05-15-NH-5-4-3-EN, AFCN, February 2015
AFCN, 2016	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2015, FANC, 2016, Brussel, België
AFCN, 2017	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2016, FANC, 2017, Brussel, België
AFCN, 2018	Berekening van de jaarlijkse gemiddelde blootstelling aan ioniserende straling in België: Methodologie en Evolutie, FANC, 2018, Brussel, België
AFCN, 2018a	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2017, FANC, 2018, Brussel, België
AFCN, 2019	Goedkeuring deskundigen bevoegd voor het uitvoeren van een MER – MER-0053526, 2019-10-28-FVW-5-1-2-NL, FANC, 3-10-2019
AFCN, 2019a	Radiologisch toezicht in België Syntheseverslag 2018, FANC, oktober 2019, Brussel, België
SPFI, 2011	Arrêté royal du 30 novembre 2001 portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires, Service public fédéral Intérieur

SPF, 2003	Loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie
SPF, 2015	Loi du 28 juin 2015 modifiant la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité afin de garantir la sécurité d'approvisionnement sur le plan énergétique, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et énergie
IAEA, 2005	Safety Reports Series SRS No. 44, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA, 2005, Wenen, Oostenrijk
IAEA, 2010	IAEA Specific Safety Guide SSG-3 Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, 2010, IAEA, Wenen, Oostenrijk.
IAEA, 2014	General Safety Requirements GSR Part 3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, 2014, IAEA, Wenen, Oostenrijk
IAEA, 2019	Report on safety aspects of the long term operation (salto) mission and salto follow-up mission to Doel nuclear power plant unit 1 and 2, IAEA, 2019, Doel, Belgium.
ICRP, 1995	Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP Publication 72, International Commission on Radiological protection, 1995, Ottawa, Canada
ICRP, 2007	The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, International Commission on Radiological protection, 2007, Ottawa, Canada
NRC, 1977	Calculation of annual doses to man from routine releases of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10 CFR part 50, Appendix I, Regulatory Guide 1.109 rev 1., Nuclear Regulatory Commission, Oktober 1977, Washington D.C., United States of America
Schwibach, 1978	Investigations into the emission of Carbon-14 compounds from nuclear facilities, V-3062/78-EN, J. Schwibach, H. Riedel & J. Bretschneider, November 1978, Luxembourg, Luxemburg
Tractebel, 2010	MER KCD, KCD-MER/4NT/154702/000/01, Suez-Tractebel, juli 2010, Brussel, België

Tractebel, 2010a	Mise à jour des doses à la population dues aux rejets de routine au site de Doel pour les valeurs limites annuelles de rejets définies par les Spécifications Techniques, Tractebel, April 2010, Brussel, België.
Tractebel, 2014	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2012 en gedurende de 10 voorgaande jaren, SPBDOEL/4NT/0280306/000/01, Tractebel Engineering, februari 2014, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2014a	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2013 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0311712/000/01, Tractebel Engineering, juli 2014, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2015	Long term operation Doel 1&2 – Screening van de milieuaspecten voor Doel 1 en Doel 2, DOS12/4NT/0381296/000/00, Tractebel Engineering, augustus 2015, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2015a	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2014 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0355292/000/00, Tractebel Engineering, maart 2015, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2017	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2016 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0601770/000/00, Tractebel Engineering, april 2017, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2018	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2017 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0543797/000/00, Tractebel Engineering, april 2018, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2019	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2018 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0658486/000/00, Tractebel Engineering, april 2019, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2019a	Evaluatie van de dosis opgelopen door de bevolking, te wijten aan de routinelozingen van de kerncentrale van Doel tijdens 2015 en gedurende de 10 voorgaande jaren, DOS/4NT/0460603/000/00, Tractebel Engineering, april 2019, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2019b	Email conversatie met specialist radioactief afval (26 November 2019)
Tractebel, 2019c	Email conversatie met Tractebel projectmanager (19 September 2019)

Tractebel, 2019d	Email conversatie met Tractebel projectmanager (29 oktober 2019)
Tractebel, 2020a	Email conversatie met Tractebel projectmanager (11 February 2020)
Tractebel, 2020b	KCD12: radiological consequences from routine releases calculated at borders with neighboring countries rev 01, CNT-KCD/4NT/0029233/000/01, Tractebel Engineering, september 2020, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2020c	Effects of radiations on non-human biota, CNT-KCD/4NT/0029190/000/00, Tractebel Engineering, september 2020, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2020d	LTO G1 - KCD12 - Radiological consequences for Design Basis Accident (DBA) rev 01, CNT-KCD/4NT/0029088/000/01, Tractebel Engineering, oktober 2020, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
Tractebel, 2020e	LTO G1 - KCD12 - Radiological consequences for beyond design basis accident rev 02, CNT-KCD/4NT/0029070/000/02, Tractebel Engineering, oktober 2020, Brussel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)
UNSCEAR, 2000	Sources and effects of ionizing radiation volume I: sources, United Nations, 2000, New York.
US EPA, 2004	AERMOD Deposition Algorithms - Science Document (Revised Draft), US EPA, March 2004
VR-KCD	Veiligheidsrapport Doel 1-2, Electrabel, Doel, België (<i>vertrouwelijk document</i>)

Liste des tableaux

Tableau 3-1	Probabilité d'effets stochastiques à faibles doses et débits de dose [ICRP, 2007].	12
Tableau 3-2	Limites de dose en vertu du RGPRI [RGPRI].....	18
Tableau 3-3	Dose mesurée à la limite du site entre 2012 et 2014 pour l'ensemble du site (CND). Les valeurs sont données sans correction de fond.....	28
Tableau 3-4	Dose mesurée à la limite du site entre 2015 et 2018 pour l'ensemble du site (CND). Les valeurs sont données sans correction de fond.....	30
Tableau 3-5	Diminution quadratique du débit de dose en direction de la frontière néerlandaise.....	34
Tableau 3-6	Dose efficace moyenne par domaine professionnel	37
Tableau 3-7	Dose efficace des collaborateurs de la CND dans la situation de départ.....	38

Tableau 3-8	Dose efficace reçue par les collaborateurs de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	40
Tableau 3-9	Activités autorisées pour les rejets de gaz provenant de la CND	45
Tableau 3-10	Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de la CND par rapport aux limites de rejet	46
Tableau 3-11	Activité rejetée d'aérosols, d'iode-131, de gaz nobles et de tritium dans l'atmosphère au cours des années 2012-2014	48
Tableau 3-12	Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge au cours des années 2012-2014 résultant des rejets atmosphériques de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées	48
Tableau 3-13	Concentration d'activité du ¹³⁷ Cs dans les échantillons analysés à proximité de la CND (2014)	50
Tableau 3-14	Activité rejetée d'aérosols, d'iode-131, de gaz nobles et de tritium dans l'atmosphère au cours des années 2015-2018	51
Tableau 3-15	Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge au cours des années 2015-2018 résultant des rejets gazeux de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées	52
Tableau 3-16	Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets atmosphériques lors de l'exploitation de la CND dans le cadre du projet	53
Tableau 3-17	Dose efficace engagée attendue due aux rejets gazeux résultant de la prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2	53
Tableau 3-18	Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets atmosphériques lors de l'exploitation de la CND dans le cadre de l'option zéro (MAD de CND-1 et CND-2 non comprise)	54
Tableau 3-19	Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets atmosphériques de l'ensemble de la CND en 2014	56
Tableau 3-20	Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 en 2014.	57
Tableau 3-21	Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de CND-1 et CND-2 sur la base des limites de rejet pour les frontières avec la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni	57
Tableau 3-22	Dose efficace engagée due aux rejets atmosphériques de la CND sur la base des limites de rejet autorisées pour les frontières avec la France, l'Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni	58

Tableau 3-23	Programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut et de la Nete [AFCN, 2019a].....	59
Tableau 3-24	Activités autorisées pour les rejets d'eau provenant de la CND	61
Tableau 3-25	Dose efficace engagée due aux rejets liquides de la CND par rapport aux limites de rejet.....	63
Tableau 3-26	Activité rejetée de tritium (³ H) et de tous les autres nucléides à l'exclusion du tritium résultant des rejets liquides au cours de la période 2012-2014	65
Tableau 3-27	Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge résultant des rejets liquides de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées pour la période 2012-2014.....	66
Tableau 3-28	Résultats d'analyse des sédiments et du fucus analysés à proximité de la CND (2014)	68
Tableau 3-29	Activité rejetée de tritium (³ H) et de tous les autres nucléides à l'exclusion du tritium résultant des rejets liquides pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	69
Tableau 3-30	Aperçu de la dose efficace engagée annuelle par catégorie d'âge résultant des rejets liquides de la CND par rapport à la dose efficace engagée basée sur les limites de rejet autorisées pour la période 2015-2018.....	70
Tableau 3-31	Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets liquides lors de l'exploitation de la CND dans le cadre du projet	72
Tableau 3-32	Dose efficace engagée cumulative attendue due aux rejets liquides dans le cadre de l'exploitation prolongée de CND-1 et CND-2.....	72
Tableau 3-33	Dose efficace engagée annuelle attendue due aux rejets liquides lors de l'exploitation de la CND dans le cadre de l'option zéro (MAD de CND-1 et CND-2 non comprise)	73
Tableau 3-34	Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise due aux rejets liquides de l'ensemble de la CND en 2014.....	75
Tableau 3-35	Dose efficace engagée à la frontière néerlandaise résultant des rejets liquides de CND-1 et CND-2 en 2014.....	75
Tableau 3-36	Programme de surveillance radiologique du bassin de l'Escaut et de la Nete [AFCN, 2019a]	76
Tableau 3-37	Aperçu de la classification par catégorie des déchets radioactifs.....	78
Tableau 3-38	Volume des déchets de faible et moyenne radioactivité transportés depuis CND-1, CND-2 et la CND dans la situation de départ	82

Tableau 3-39	Volume des déchets de faible et moyenne radioactivité transportés depuis CND-1, CND-2 et la CND lors de la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	84
Tableau 3-40	Éléments combustibles évacués annuellement de CND-1, CND-2 et de la CND dans la situation de départ, ayant été transportés depuis le bassin de de stockage de combustible vers le SCG	89
Tableau 3-41	Éléments combustibles usés par année provenant de CND-1, CND-2 et de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018, ayant été transportés vers le SCG	90
Tableau 3-42	Dose efficace et dose de la glande thyroïde à la limite du site de la CND résultant d'accidents LOCA ou FHA, comparée aux limites de dose décrites dans les conditions générales dans le cadre de l'article 37 du traité Euratom, qui fait partie de l'autorisation, en mSv. Les deux doses sont déterminées pour le modèle le plus pessimiste. L'accident hors dimensionnement de référence est le CSBO.	103
Tableau 3-43	Dose efficace et dose de la glande thyroïde à la frontière néerlandaise résultant d'accidents LOCA ou FHA, comparée aux limites de dose décrites dans les informations générales dans le cadre de l'article 37 du traité Euratom, qui fait partie de l'autorisation, en mSv. Les deux doses sont déterminées pour le modèle le plus pessimiste. L'accident hors dimensionnement de référence est le CSBO.	104
Tableau 3-44	Niveau de référence de la dose dans le cadre des plans d'urgence nucléaire et radiologique	105
Tableau 3-45	Dose efficace engagée pour un adulte résultant de l'exploitation de la CND dans la situation de départ (2012-2014)	108
Tableau 3-46	Dose efficace engagée totale pour un individu critique résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 dans la situation de départ	108
Tableau 3-47	Dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de la CND dans la situation de départ	109
Tableau 3-48	Dose efficace engagée pour un adulte résultant de l'exploitation de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	110
Tableau 3-49	Dose efficace engagée totale pour un individu critique résultant de l'exploitation de CND-1 et CND-2 dans la situation de départ	110
Tableau 3-50	Dose efficace engagée totale pour les différentes catégories d'âge résultant de l'exploitation de la CND pendant la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	111

Tableau 3-51	Dose efficace engagée résultant de l’exploitation de la CND pour la population néerlandaise	113
Tableau 3-52	Dose efficace engagée totale due aux rejets atmosphériques et liquides de la CND basée sur les limites autorisées pour les frontières avec la France, l’Allemagne, le Luxembourg et le Royaume-Uni	113

Liste des figures

Figure 3-1	Représentation schématique d’un atome d’oxygène 16	7
Figure 3-2	Énergie de liaison moyenne d’un nucléon en fonction du nombre total de nucléons.....	8
Figure 3-3	Fission d’U-235	9
Figure 3-4	Représentation graphique des rayonnements alpha, bêta et gamma	10
Figure 3-5	Parcours des rayonnements alpha, bêta et gamma	11
Figure 3-6	Dose annuelle moyenne pour un membre de la population belge [AFCN, 2018]..	13
Figure 3-7	Exposition interne (gauche) et externe (droite) au rayonnement ionisant [AFCN, 2014].....	14
Figure 3-8	Aperçu schématique des contrôles de rejet par les exploitants.....	15
Figure 3-9	Modes d’exposition du public à la radioactivité résultant des rejets liquides et gazeux.....	16
Figure 3-10	Carte de dose sur la base des mesures TELERAD en 2014	20
Figure 3-11	Échantillonnage de l’environnement.....	21
Figure 3-12	Le confinement de la radioactivité dans la centrale nucléaire, basé sur cinq barrières visant à répondre à la fonction de sécurité nucléaire par le biais du concept de défense en profondeur	22
Figure 3-13	Diminution quadratique du champ de rayonnement avec l’augmentation de la distance r à la source (S) [Bos, 2000].....	25
Figure 3-14	Emplacement des stations de mesure TLD à la limite du site de la CND [source : Electrabel, 2015].....	26

Figure 3-15	Dose mesurée à la limite du site de la CND en 2014 comparée à la dose de fond moyenne autour de la CND telle que rapportée pour le nord de la Belgique (0,7 mSv/an) et pour la Flandre (0,9 mSv/an) [AFCN, 2018]. La limite est définie comme 1 mSv par an, plus la dose moyenne pour le nord de la Belgique (0,7 mSv/an).....	27
Figure 3-16	Dose attendue à la limite du site de la CND. Les valeurs sont données après correction de fond (0,7 mSv par an). Les barres verticales indiquent les valeurs effectivement mesurées au point de mesure choisi par prudence.....	32
Figure 3-17	Stations de mesure du réseau TELERAD autour de la CND	35
Figure 3-18	Dose collective attendue pour les collaborateurs professionnellement exposés de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l’option zéro. Les barres verticales indiquent la dose collective effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.....	41
Figure 3-19	Dose collective attendue pour les collaborateurs professionnellement exposés résultant des travaux à CND-1 et CND-2 pendant la MAD.	42
Figure 3-20	Emplacement des prélèvements d’échantillons d’herbe, de mousse et de sol. En Belgique, la direction prédominante du vent est sud-ouest.	47
Figure 3-21	Contribution des différents types de radionucléides à la dose efficace engagée résultant des rejets atmosphériques en 2014	49
Figure 3-22	Activité gazeuse rejetée attendue, tant pour le projet que pour l’option zéro, par rapport aux résultats de mesure disponibles	52
Figure 3-23	Rejets gazeux totaux attendus résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD.....	55
Figure 3-24	Localisation de la CND par rapport à la frontière belgo-néerlandaise et points de mesure	56
Figure 3-25	Emplacement des installations nucléaires susceptibles de déverser des rejets liquides radioactifs [AFCN, 2015]	62
Figure 3-26	Emplacement des prélèvements d’échantillons de sédiments et de fucus dans l’Escaut.....	64
Figure 3-27	Composition radiologique des rejets liquides en 2014 sur la base de l’activité rejetée	66
Figure 3-28	Contribution des différents types de radionucléides à la dose efficace engagée résultant des rejets liquides en 2014.....	67

Figure 3-29	Activité rejetée attendue de ^3H dans l'Escaut résultant de l'exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro. Les barres verticales indiquent l'activité effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.....	71
Figure 3-30	Activité rejetée attendue (sauf ^3H) dans l'Escaut résultant de l'exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro. Les barres verticales indiquent l'activité effectivement mesurée, pour autant que celle-ci soit disponible.....	71
Figure 3-31	Rejets liquides totaux attendus de ^3H résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD	74
Figure 3-32	Rejets liquides totaux attendus (sauf ^3H) résultant des travaux à CND-1 et CND-2 lors de la MAD	74
Figure 3-33	Volume total (CND-1 à CND-4) de déchets de faible et moyenne radioactivité évacués et volumes attendus à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro. Les barres verticales indiquent les valeurs effectivement mesurées, pour autant que celles-ci soient disponibles.	85
Figure 3-34	Éléments combustibles usés attendus à la suite de l'exploitation de la CND, à la fois dans la situation du projet et dans l'option zéro, ayant été transportés vers le SCG. Les barres verticales indiquent les éléments combustibles effectivement usés, pour autant que ceux-ci soient disponibles.....	91
Figure3-35	Évacuation attendue des éléments combustibles usés de CND-1 et CND-2 pendant la MAD	93
Figure 3-36	Dose efficace engagée totale attendue de la CND résultant du rayonnement direct, des rejets liquides et des rejets gazeux, à la fois pour le projet et pour l'option zéro	111

4 Conclusion

4.1 Aspects non radiologiques

Dans ce chapitre, la conclusion générale concernant les effets non radiologiques sur l'environnement est tirée sur la base du chapitre 2 précédent.

Le tableau ci-dessous indique, pour le projet et l'option zéro, si des impacts significatifs ont été identifiés. Pour le projet, les impacts de la phase d'exploitation 2015-2018, ainsi que des travaux dans le cadre LTO, sont d'abord évalués par rapport à la situation sans exploitation de la CND. La phase d'exploitation dans la situation future (période 2019-2025) représente les effets de la LTO de CND-1 et CND-2 par rapport à la situation de départ. L'évaluation de l'impact de l'option zéro n'est pas significativement différente de celle du projet. Cependant, dans l'option zéro, les impacts diminueront dès 2015 plutôt qu'à partir de 2025.

Un signe plus (+) ou moins (-) indique si l'effet attendu a un impact positif ou négatif sur l'environnement. Si un impact est négligeable, il est indiqué par un « v ». Si un impact est potentiellement transfrontalier par nature, il est indiqué par un « G ».

Tableau 4-1 Identification des effets non radiologiques potentiels de CND-1 et CND-2

	Projet		Option zéro par rapport à la situation sans exploitation de la CND
	Phase d'exploitation 2015-2018 par rapport à la situation sans exploitation de la CND	Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019 - 2025) par rapport à la situation existante	
Sol	- 1 / v	- 1 / v	- 1 / v
Eau	- 3 à - 1 / v	Aucun effet supplémentaire par rapport à la phase d'exploitation 2015-2018	Pas de quantification des effets
Nuisances sonores ¹	- 3 à - 1 / v	- 3 à - 1 / v	- 3 à - 1 / v
Air	v	v	v
Biodiversité	-2 à -1/v	Aucun effet supplémentaire par rapport à la phase d'exploitation 2015-2018	-2 à -1/v
Paysage, patrimoine architectural et archéologie	v	v	v
Homme - santé	v	v	v
Homme - mobilité	- 1/ v	- 1	v
Déchets	Aucune évaluation	Aucune évaluation	La quantité de déchets sera moindre

Légende :

- 3 : significativement négatif
- 2 : négatif
- 1 : négatif limité
- v : négligeable

Ces effets sont expliqués plus en détail ci-dessous.

4.1.1 Exploitation normale

4.1.1.1 Sol

L'impact des travaux réalisés dans le cadre des modifications LTO peut être évalué comme limité à négligeable pour la discipline Sol. Aucun effet supplémentaire n'est attendu de la situation LTO par rapport à la situation de départ.

Les effets de la MAD sont également évalués comme limités à négligeables. La différence entre la MAD en 2015 (= option zéro) ou en 2025 est limitée.

¹ L'évaluation a été réalisée conformément au cadre d'évaluation. Il s'agit d'une interprétation en fonction de la gamme des scores obtenus. Il est évalué séparément pour la période de jour et la période de nuit. Pour la période nocturne, les scores finaux sont de -3 à V et pour la période diurne de -2 à V. Si l'évaluation est faite pour les phases d'exploitation par rapport à la situation de départ 2013-2014, les effets sonores sont négligeables pour toutes les phases.

Toutefois, il ne peut être exclu que des incidents ayant un impact sur l'hygiène du sol se produisent à l'avenir. À l'heure actuelle, la CND-1 et la CND-2 sont néanmoins équipées de mesures techniques et organisationnelles visant à prévenir ou à contrer autant que possible une éventuelle contamination. La poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire se fera toujours dans le respect des dernières bonnes pratiques disponibles, de telle sorte que le risque de contamination du sol est considérablement réduit. En ce qui concerne les émissions accidentelles, le système de notification (entre autres des incidents) sera strictement suivi à tout moment afin d'identifier, d'analyser et de remédier aux points critiques.

L'exploitation des unités Doel 1 et 2 n'a aucune incidence sur les dépôts de sel dans la zone environnante, et donc aucune incidence sur l'utilisation du sol et l'aptitude des sols.

Aucune mesure d'atténuation ou recommandation supplémentaire n'est jugée nécessaire.

4.1.1.2 Eau

Les caractéristiques de l'approvisionnement en eau, de l'infiltration et du ruissellement, ainsi que les émissions dans le réseau hydrographique ne seront pas significativement différentes dans la situation LTO de celles de la situation de départ. La situation LTO n'a pas d'impact supplémentaire par rapport à la situation de départ.

Le projet comprend un renouvellement de permis pour les installations CND-1 et CND-2 existantes et le bilan hydrique pour les années de référence 2013-2014 est considéré comme représentatif de la production des années suivantes de la période de renouvellement de permis. Aucun changement pertinent dans la consommation d'eau et le bilan hydrique n'est donc attendu par rapport à la situation de départ.

Le principal impact de la CND sur le système hydraulique par rapport à la situation sans exploitation de la CND est le rejet des eaux usées et des eaux de refroidissement dans l'Escaut. D'une part, l'impact du rejet des eaux usées est jugé négligeable, car l'augmentation moyenne de la concentration dans l'Escaut par les activités de la CND par rapport à la norme de qualité environnementale est inférieure à 0,1 %. D'autre part, un effet négatif est attendu en raison du débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires de la CND dans l'Escaut. Le rejet de l'eau de refroidissement a un effet négatif à très négatif en raison de l'augmentation de la température.

Aucune mesure d'atténuation n'est proposée par la discipline Eau. Toutefois, les recommandations suivantes sont formulées :

- Pour le contrôle du chlore actif dans l'eau de refroidissement en fonction du dosage-choc de NaOCl, il est recommandé de réaliser le contrôle du chlore actif avec un capteur de mesure en ligne, avec une limite de détection d'environ 10 µg/L (au lieu de 100 µg/L dans la situation existante) afin d'affiner le contrôle du dosage de NaOCl dans le but de réduire la consommation de NaOCl, les niveaux de chlore actif dans l'eau de refroidissement rejetée et la formation d'AOX.
- Étant donné l'importante surface asphaltée de la CND, la fréquence et le volume des débordements des bassins de collecte des eaux usées sanitaires du site vers l'Escaut dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018, le fait que les normes de qualité environnementale en matière de N, P et CCO pour l'Escaut ne sont pas atteintes dans la situation de départ et dans la phase d'exploitation 2015-2018, et les périodes attendues d'intenses précipitations en hiver et de forts orages et de pénuries d'eau en été en raison du changement climatique, il est recommandé,

dans la perspective de la discipline Eau, d'étudier la faisabilité des mesures suivantes au niveau du concept et selon les meilleures techniques disponibles :

- Mesure à la source : pour les nouveaux projets, étudier la déconnexion des eaux pluviales des eaux usées sanitaires et les possibilités de réutilisation des eaux pluviales, d'infiltration ou de tamponnement conformément aux MTD. Il convient de prendre en compte des intempéries accentuées par le climat. Le scénario à fort impact fournit un bon cadre de référence pour rendre la CND plus résistante au climat ;
- Mesure « end-of-pipe » : étude de l'installation d'un volume de collecte supplémentaire pour les eaux usées sanitaires selon les MTD dans le but de réduire l'effet de débordement.

4.1.1.3 Nuisances sonores

De manière générale, on peut affirmer qu'aucun effet sonore distinctif n'est attendu pour les différentes phases d'exploitation par rapport à la situation de départ 2013-2014. Les écarts dans les points d'évaluation sont limités à moins de 0,5 dB(A) pour toutes les phases d'exploitation par rapport à la situation de 2013-2014. Cela signifie que l'impact et l'évaluation déjà établis sur le plan des nuisances sonores pour la situation de 2013-2014 sont maintenus pour les années à venir.

Le bruit spécifique provenant des sources continues de la CND dans les points d'évaluation ouest, sud et nord (= direction dans laquelle une certaine présence résidentielle subsiste) est considéré comme « modérément négatif ». En outre, dans ces points d'évaluation (à 200 m de la limite de la parcelle), la valeur indicative applicable est respectée pour le bruit spécifique pendant la journée, la soirée et la nuit.

Bien que les logements voisins ne fassent pas partie des points d'évaluation (en raison d'une distance de plus de 200 m par rapport à la limite de la parcelle), une augmentation limitée des nuisances sonores de 1,5 dB(A) maximum par rapport au bruit ambiant d'origine y est obtenue, de telle sorte que l'effet du bruit peut tout au plus être considéré comme « modérément significatif ».

À l'est, un effet « négatif » est obtenu pour le point d'évaluation, situé dans la réserve naturelle le long de l'Escaut et déterminé principalement par l'impact sonore des tours de refroidissement.

Une étude d'assainissement concernant l'impact sonore des tours de refroidissement a déjà été réalisée en 2010. Dans une étude réalisée par Technum (Étude d'assainissement tours de refroidissement ; 090-390-0225 14/06/2012), l'écoulement de l'eau a été identifié comme la cause de l'émission sonore. En outre, un certain nombre de mesures possibles pour réduire le transfert du bruit vers l'environnement ont été proposées :

- Mesures dirigées vers la source :
 - Réduction de la hauteur de chute
 - Tapis flottants d'absorption sonore
- Mesures de limitation du transfert
 - Absorbants de bruit autour des tours de refroidissement
 - Écrans anti-bruit le long des tours de refroidissement

La faisabilité des mesures d'assainissement a été examinée par le concepteur Hamon Thermal Europe et le bureau d'études Tractebel. La modification de la tour de refroidissement n'est pas justifiée d'un point de

vue économique et de la sécurité. Tout cela a été présenté au comité de suivi, qui a accepté les études et les décisions.

L'impact transfrontalier sur les habitations néerlandaises devrait être limité à un maximum de 30 dB(A) pour les nuisances sonores spécifiques provenant des sources de bruit continu de la CND. On peut donc supposer que la CND n'entraînera aucune augmentation du bruit ambiant au niveau des habitations considérées aux Pays-Bas.

Des mesures d'assainissement supplémentaires ne sont donc pas formulées pour les prochaines phases d'exploitation.

4.1.1.4 Air

Les impacts de CND-1 et CND-2 sur la qualité de l'air sont :

- dans l'option de base, à évaluer comme négligeable, tant pendant la phase d'exploitation que pendant la mise à l'arrêt définitif ;
- dans l'option zéro, à évaluer comme négligeable, tant pendant la phase d'exploitation que pendant la mise à l'arrêt définitif.

La poursuite de l'exploitation des centrales Doel 1 et 2 pendant une période de 10 ans peut également être évaluée comme négligeable.

En termes d'émissions directes de CO₂, aucune différence significative n'est attendue entre l'option zéro et l'option de base.

On suppose cependant que dans l'option zéro, on importe plus d'électricité que dans le scénario LTO. Par conséquent, les émissions directes de CO₂ sont plus élevées dans l'option zéro que dans le scénario LTO (option de base). À cet égard, le scénario LTO est plus positif pour le climat que l'option zéro (toutes choses égales par ailleurs). Ces hypothèses s'accompagnent toutefois d'une incertitude considérable.

Étant donné l'absence d'impacts significatifs, aucune mesure d'atténuation ou recommandation n'est proposée.

4.1.1.5 Biodiversité

Les impacts de l'eutrophisation et de l'acidification, de la perturbation du calme, du captage de l'eau, du rejet des eaux de refroidissement et des produits chimiques ne seront pas significativement différents dans le scénario LTO par rapport à la situation de départ. Le scénario LTO n'a pas d'impact supplémentaire par rapport à la phase d'exploitation de la situation de départ.

Les dépôts d'azote provenant de la CND dans le cadre du présent projet n'auraient pas d'incidence négative significative par rapport à la situation sans exploitation de la CND en ce qui concerne l'eutrophisation des types d'habitats européens environnants dans la zone couverte par la directive « Habitat » « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et des vasières et de la végétation des marais salants dans la zone VEN (qui se chevauche partiellement) « Slikken en schorren langsheen de Schelde ». Les dépôts acidifiants de la CND qui sont évalués dans le présent projet n'ont pas d'effet négatif significatif sur les écosystèmes de la zone d'étude par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Par conséquent, les activités acidifiantes de la CND ne devraient pas avoir d'incidences négatives importantes sur les types

d'habitats européens environnants dans la zone couverte par la directive « Habitat » « Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent » et sur les vasières et la végétation des marais salants dans le site VEN (qui se chevauche partiellement) « Slikken en schorren langsheen de Schelde ».

À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », qui est également répertoriée en tant que zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » et en tant que zone Ramsar. La perturbation causée par l'exploitation de la CND le long des roselières et des vasières sur les rives de l'Escaut, près de la CND, est évaluée comme négative par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Au nord de la CND, les contours de nuisance de 50 dB et de 45 dB ne s'étendent pas jusqu'à la réserve naturelle reconnue « Schor Ouden Doel » (incidence négligeable). À l'ouest et au sud de la CND, le contour de nuisance de 50 dB reste largement confiné au site de la CND même et ne chevauche que légèrement la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde ». La perturbation causée par l'exploitation de la CND dans les zones de polders à l'ouest et au sud de la CND est évaluée comme un effet négatif limité par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

Pour ce qui est du point de captage des eaux de refroidissement de Doel 1 et 2, l'épuration mécanique s'opère à l'extérieur des digues, à hauteur même de la prise d'eau, au moyen de grilles placées directement sur l'entrée. De cette façon, les poissons et les crustacés ne peuvent pas pénétrer dans le circuit d'eaux de refroidissement. On ne constate donc aucune mortalité de poissons ou de crustacés à hauteur de ce point de captage. Pour le captage de l'eau de refroidissement de Doel 3 et 4, un système de protection des poissons a été installé au captage d'eau avec un système de filtre adapté aux poissons et un canal de drainage. Les ondes sonores éloignent les poissons du point de captage. Grâce à ces mesures, aucun effet négatif significatif n'est à prévoir en termes de mortalité des poissons et des crustacés au niveau du captage d'eau.

L'impact du rejet des eaux de refroidissement de la CND sur les communautés aquatiques du Bas-Escaut n'est pas considéré comme significativement négatif par rapport à la situation sans exploitation de la CND.

Au cours de l'exploitation de la CND, les effluents suivants sont produits : eaux usées sanitaires, eaux usées industrielles et eaux de refroidissement. Le déversement d'éléments nutritifs dans l'Escaut peut entraîner une eutrophisation. Le déversement de substances dangereuses dans l'Escaut peut avoir des incidences écotoxicologiques.

En ce qui concerne les paramètres des éléments nutritifs nitrate+nitrite+ammonium et orthophosphate, la discipline Eau prévoit une contribution annuelle moyenne négligeable. On ne s'attend donc pas à ce que le déversement de la CND dans l'Escaut ait un impact significatif sur l'eutrophisation sur une base annuelle moyenne. La discipline Eau a constaté un effet de débordement fréquent des puits de collecte des eaux usées sanitaires. Bien que la charge soit plutôt limitée, ces débordements peuvent provoquer des pics de concentrations d'éléments nutritifs dans l'Escaut à hauteur de la CND dans la zone située à l'intérieur de la levée, où sont déversées les eaux usées sanitaires et industrielles et les eaux de refroidissement de la CND.

De l'hypochlorite de sodium (NaOCl) est ajouté à l'eau de refroidissement afin de prévenir l'encrassement biologique. Le NaOCl réagit pour former des chlorures. Les niveaux de chlore actif dans l'eau de refroidissement rejetée par la CND sont inférieurs à 100 µg/l. On peut conclure que lors du déversement de chlore actif, des incidences toxicologiques aiguës sur les organismes aquatiques peuvent se produire localement autour du point de déversement et pendant une courte période (incidence négativement limitée).

4.1.1.6 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

L'impact des travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements en vue de la LTO peut être évalué comme négligeable pour la discipline Paysage, patrimoine bâti et archéologie. Aucun impact supplémentaire n'est attendu du scénario LTO par rapport à la situation de départ.

Les effets de la MAD et de l'option zéro sont également négligeables.

Aucune mesure de surveillance et d'évaluation n'est requise pour la discipline Paysage, patrimoine architectural et archéologie.

4.1.1.7 Homme - santé

L'extension de la durée de vie de Doel 1 et 2, y compris les travaux de construction et l'exploitation des centrales, ainsi que les activités pendant la mise à l'arrêt définitif, n'aura pas d'impact sanitaire pertinent par rapport à l'option zéro.

Étant donné l'absence d'impacts significatifs, aucune mesure d'atténuation ou recommandation n'est proposée.

4.1.1.8 Homme - mobilité

Les volumes de trafic causés par le transport de la CND sur la voie d'accès à la CND sont importants aux heures de pointe et négligeables au-delà.

L'impact des activités qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements en vue de la LTO peut être évalué comme étant tout au plus négativement limité pour la discipline de la mobilité. Par rapport à la situation de départ, on constate une légère augmentation du nombre de transports dus au trafic du site. Dans la situation LT, une légère augmentation du nombre de transports est également prévue en raison du nombre supplémentaire de travailleurs. L'effet est évalué comme négativement limité. Pendant la MAD, il y aura une diminution progressive du personnel, ainsi qu'une augmentation limitée des transports de matériel. L'effet résultant sur le flux de trafic est évalué comme négligeable. Dans l'option zéro, il y aurait une réduction prévue du personnel par rapport à 2015 qui aurait un impact négligeable sur la circulation. Dans la situation LTO, cette diminution ne se produit qu'après 2025.

Sur la base de l'évaluation des incidences, aucune mesure d'atténuation n'est jugée nécessaire. Toutefois, certaines recommandations sont proposées :

- Continuer à investir dans les modes de transport durables tels que la bicyclette. Ce concept peut être développé en construisant suffisamment d'abris à vélos confortables (couverts). Les initiatives concernant les vélos d'entreprise, les indemnités vélo, les installations de douche et les vélos en libre-service peuvent également contribuer à rendre les déplacements domicile-travail plus durables.
- Privilégier le covoiturage. Cela a un impact positif sur la génération de trafic et les besoins en stationnement. En stimulant le covoiturage au sein de l'entreprise (avec, par exemple, des places de parking réservées au covoiturage, une indemnité de covoiturage, un système de covoiturage), tant parmi le personnel permanent que le personnel contractuel, la centrale nucléaire peut réduire le trafic qu'elle génère et la rendre plus durable.

4.1.1.9 Déchets

Les travaux qui ont eu lieu dans le cadre des aménagements en vue de la LTO se sont accompagnés de la production d'une quantité de déchets. La MAD générera également des flux de déchets supplémentaires. En outre, des déchets sont également produits pendant le fonctionnement normal de la centrale nucléaire. Cependant, la CND met tout en œuvre pour limiter l'impact des déchets non radioactifs sur l'environnement. Dans le cas d'une MAD en 2015 (= option zéro), la quantité totale de déchets produits par la CND aurait toutefois été inférieure à celle produite par une prolongation de la durée de vie de Doel 1 et 2 jusqu'en 2025.

Pour ce qui est de ses flux de déchets, la CND dispose d'un système de management environnemental conformément à la norme internationale ISO14001 et au règlement européen EMAS. La réglementation établie dans le VLAREMA et dans le VLAREBO est, en outre, respectée. Des mesures d'atténuation ou recommandations supplémentaires ne sont pas jugées nécessaires.

4.1.2 Situations accidentelles

Les distances maximales d'impact d'un incident non radiologique à CND-1 et CND-2 ne dépassent pas les limites du site. La possibilité d'un impact environnemental potentiel ne change pas de manière significative en raison des travaux LTO ou de l'exploitation prolongée de CND-1 et CND-2. Aucun impact négatif significatif n'est attendu sur les DHI des zones SPA environnantes.

4.1.3 Conclusion générale

L'impact des effets ne sera pas significativement différent dans le scénario LTO par rapport aux effets dans la situation de départ. Aucun effet supplémentaire n'est causé par la LTO par rapport à la situation de départ.

L'impact de l'exploitation de la CND sur l'environnement a été étudié pour la période 2015-2018 par rapport à la situation sans exploitation de la CND. On peut conclure que l'impact sur la plupart des aspects environnementaux est négligeable ou limité par rapport à la situation sans exploitation de la CND. Cette disposition ne s'applique pas au rejet des eaux de refroidissement. Le rejet de l'eau de refroidissement a un impact négatif à très négatif en raison de l'augmentation de la température. Sur les communautés aquatiques de l'Escaut inférieur, l'effet de l'augmentation de la température n'est pas considéré comme substantiellement négatif. Les fréquents débordements du bassin de collecte des eaux usées sanitaires du site dans l'Escaut ont un effet négatif. À l'est de la CND, le contour de nuisance de 55 dB s'étend jusqu'à la zone Oiseaux « Schorren en polders van de Beneden-Schelde », qui est également répertoriée en tant que zone VEN « Slikken en schorren langsheen de Schelde » et en tant que zone Ramsar. La perturbation causée par l'exploitation de la CND le long des roselières et des vasières sur les rives de l'Escaut, près de la CND, est évaluée comme négative.

4.2 Aspects radiologiques

Dans ce chapitre, la conclusion générale concernant les effets non radiologiques sur l'environnement est tirée sur la base du chapitre 3 précédent.

Le tableau ci-dessous montre si des impacts significatifs ont été identifiés pour le projet et l'option zéro. L'impact est indiqué par rapport à la situation de départ (la situation moyenne sur les années 2012-2014), avec les deux CND-1 et CND-2 en fonctionnement pour le projet, et les deux CND-1 et CND-2 hors service pour la situation de départ. Un signe plus (+) ou moins (-) est utilisé pour indiquer si l'impact attendu a une incidence positive ou négative sur l'environnement. Si un impact est négligeable, il est indiqué par un « v ». Si un impact est potentiellement transfrontalier, il est indiqué par un « G ».

Tableau 4-2 Identification de l'impact radiologique potentiel de la CND par rapport à la situation de départ

	Projet		Option zéro
	Phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018	Phase d'exploitation dans la situation future (période 2019 - 2025)	
Rayonnement direct à la limite du site	- (G:v)	- (G:v)	v (G : v)
Exposition au rayonnement du personnel professionnellement (ou non) exposé	v	v	v
Rejets gazeux radioactifs	v (G : v)	v (G : v)	v (G : v)
Rejets liquides radioactifs	v (G : v)	v (G : v)	v (G : v)
Déchets radioactifs	v	v	+
Éléments combustibles usés	v	v	+
Situations accidentelles	v (G : v)	+ (G : +)	+ (G : +)

Ces effets sont expliqués plus en détail ci-dessous. Pour tous les aspects environnementaux, du fait du projet, les impacts potentiels provenant de CND-1 et CND-2 se produiront 10 ans plus tard.

4.2.1 Exploitation normale

4.2.1.1 Rayonnement direct

(Voir § 3.4.1)

La mise en place des différentes mesures LTO (2015-2018) entraînera une légère augmentation de la dose par rapport à la situation de départ avant le projet (2012-2014), mais cela n'aura aucun impact sur l'environnement. Par la suite, pendant la période d'exploitation continue (2019-2025), la dose maximale attendue à la limite du site est légèrement augmentée par rapport à celle de la situation de départ. Néanmoins, on peut conclure que ce projet n'aura pas d'impact significatif sur l'environnement en ce qui concerne le rayonnement direct.

Dans le cadre de l'option zéro, le rayonnement direct dû à CND-1 et CND-2 tombe à zéro 10 ans plus tôt, par rapport à la mise en œuvre du projet. Cependant, la différence de dose aux limites du site entre le projet et l'option zéro est faible.

L'exploitation de la CND, comme le projet LTO, n'a pas d'impact mesurable significatif sur le territoire néerlandais, de telle sorte que d'autres effets transfrontaliers résultant du rayonnement direct peuvent également être exclus.

4.2.1.2 Exposition des collaborateurs au rayonnement

(voir § 3.4.2)

En principe, aucun collaborateur professionnellement exposé ne dépassera la limite légale annuelle. Electrabel a réduit de moitié sa limite interne par rapport à la limite légale. En raison du blindage radiologique de toutes les unités, WAB et SCG, il n'y a pas de différence significative entre le projet et l'option zéro en ce qui concerne la dose annuelle des travailleurs non professionnels exposés (1 mSv par an [RGPRI, article 20.1.4]). On peut donc en conclure que ce projet et l'option zéro n'auront pas d'impact significatif sur le personnel en ce qui concerne la dose encourue.

4.2.1.3 Rejets gazeux radioactifs

(voir § 3.4.3)

Le projet n'aura pas d'impact mesurable sur l'environnement, car l'activité annuelle rejetée restera la même que l'activité annuelle rejetée pour le projet LTO. La dose effective de suivi que les membres de la population peuvent potentiellement subir en raison des rejets gazeux est bien inférieure à la limite de dose et n'aura pas d'impact significatif sur la population.

Dans le cadre de l'option zéro, la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 entraînera moins de rejets radioactifs gazeux, mais la différence entre la situation de départ et le projet est négligeable.

Le projet n'a pas d'impact significatif mesurable sur le territoire néerlandais, ce qui permet d'exclure d'autres effets transfrontaliers dus aux rejets atmosphériques.

4.2.1.4 Rejets liquides radioactifs

(voir § 3.4.4)

La prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2 (le projet) n'aura pas d'impact négatif sur l'environnement, car l'activité annuelle rejetée restera la même que l'activité annuelle rejetée avant la mise en œuvre du projet. La dose effective de suivi, que les membres de la population pourraient potentiellement encourir à la suite de déversements de liquides, est bien inférieure à la limite de dose et n'aurait pas d'impact significatif sur le public.

Dans le cadre de l'option zéro, la mise à l'arrêt définitif de CND-1 et CND-2 entraînera moins de rejets radioactifs liquides, mais la différence entre la situation de départ et le projet est négligeable.

Le projet n'a pas d'impact significatif mesurable sur le territoire néerlandais, ce qui permet d'exclure d'autres effets transfrontaliers résultant de rejets liquides.

4.2.1.5 Déchets radioactifs

(voir § 3.4.5)

En raison de l'extension de la durée de vie de CND-1 et CND-2, des déchets de faible et moyenne activité seront produits pendant 10 années supplémentaires (2015-2025). La nature des activités prévues dans la

phase opérationnelle du projet entre 2015 et 2018 diffère de la nature des activités régulières dans la situation de départ. Il est donc plausible, et cela a été démontré par des données pratiques pour les années 2015-2018, que des différences existent dans les quantités de déchets produits.

En revanche, dans le cadre de l'option zéro, aucun déchet de faible et moyenne activité directement lié à l'exploitation de CND-1 et CND-2 n'est produit sur l'ensemble de la période 2015-2025.

Tous les déchets produits seront traités et stockés sur le territoire belge dans le dépôt de surface. Aucun effet transfrontalier n'est donc prévu.

4.2.1.6 Éléments combustibles usés

(voir § 3.4.6)

Comme le taux d'éléments combustibles usés dans la phase d'exploitation du projet entre 2015 et 2018 et dans la phase d'exploitation dans la situation future (période 2019 - 2025) est le même que dans la situation de départ (2012-2014), l'augmentation par année d'exploitation sera identique dans tous les cas. Dans le cadre de l'option zéro, le taux d'éléments combustibles usés diminue jusqu'à zéro, ce qui réduit l'impact sur l'environnement. La dose de rayonnement aux limites du site provenant des éléments combustibles usés ne peut pas être déterminée séparément, car les dosimètres à thermoluminescence détectent le rayonnement de toutes les sources présentes sur le site ensemble, mais on peut généralement conclure que ce projet n'aura pas d'impact significatif sur l'environnement en ce qui concerne le rayonnement direct (voir section 3.4.1).

La capacité disponible actuelle du bâtiment des conteneurs de combustible est suffisante pour les éléments combustibles supplémentaires consommés à la suite du projet (prolongation de la durée de vie de CND-1 et CND-2). Le projet SF2 vise à accroître encore la capacité, ce qui sera nécessaire pour CND-3 et CND-4.

En revanche, dans le cadre de l'option zéro, aucun nouvel élément combustible usé n'est produit pendant toute la période 2015-2025.

4.2.2 Situations accidentelles

(voir § 3.4.7)

Il est conclu qu'après la mise en œuvre des mesures LTO (le projet), la sûreté nucléaire est améliorée. Par conséquent, la probabilité d'une situation accidentelle impliquant des rejets radioactifs pendant la période d'exploitation est plus faible que dans la situation de départ. En particulier, le *Filtered Containment Vent* réduit considérablement les rejets radioactifs potentiels résultant d'une éventuelle situation accidentelle.

Pour l'option zéro, la probabilité qu'un impact environnemental se produise en raison d'une situation accidentelle sera plus faible que pour la situation de départ, car les centrales CND-1 et CND-2 ne seront pas davantage exploitées.

L'organisation d'urgence de CND et le plan national d'urgence nucléaire et radiologique permettent de gérer les conséquences possibles d'une éventuelle situation accidentelle.

4.2.3 Conclusion générale

(voir § 3.4.8)

La dose engagée totale pour l'option zéro et le projet dépasse la limite légale de la dose engagée pour la population.

En résumé, on peut conclure que tant le projet que l'option zéro auront un impact environnemental négligeable sur la plupart des aspects environnementaux par rapport à la situation de départ. Il existe un impact mineur dû aux déchets radioactifs et aux éléments combustibles usés, qui est pris en compte dans le rayonnement direct à la limite du site. Tant pour le projet que pour l'option zéro, la probabilité d'une situation accidentelle impliquant des rejets radioactifs est plus faible que dans la situation de départ.

L'exploitation de CND-1 et CND-2 entraîne la consommation d'éléments combustibles et la production de déchets radioactifs. Dans le cadre de l'option zéro, l'exploitation de CND-1 et de CND-2 cesse et des déchets radioactifs sont produits uniquement en raison des activités liées à la mise à l'arrêt définitif.

L'impact radiologique de la mise à l'arrêt définitif sera moindre que pendant l'exploitation de l'unité concernée.

Liste des tableaux

Tableau 4 -1	Identification des effets non radiologiques potentiels de CND-1 et CND-2	2
Tableau 4 -2'	Identification de l'impact radiologique potentiel de la CND par rapport à la situation de départ	9

Annexe A Recueil de cartes

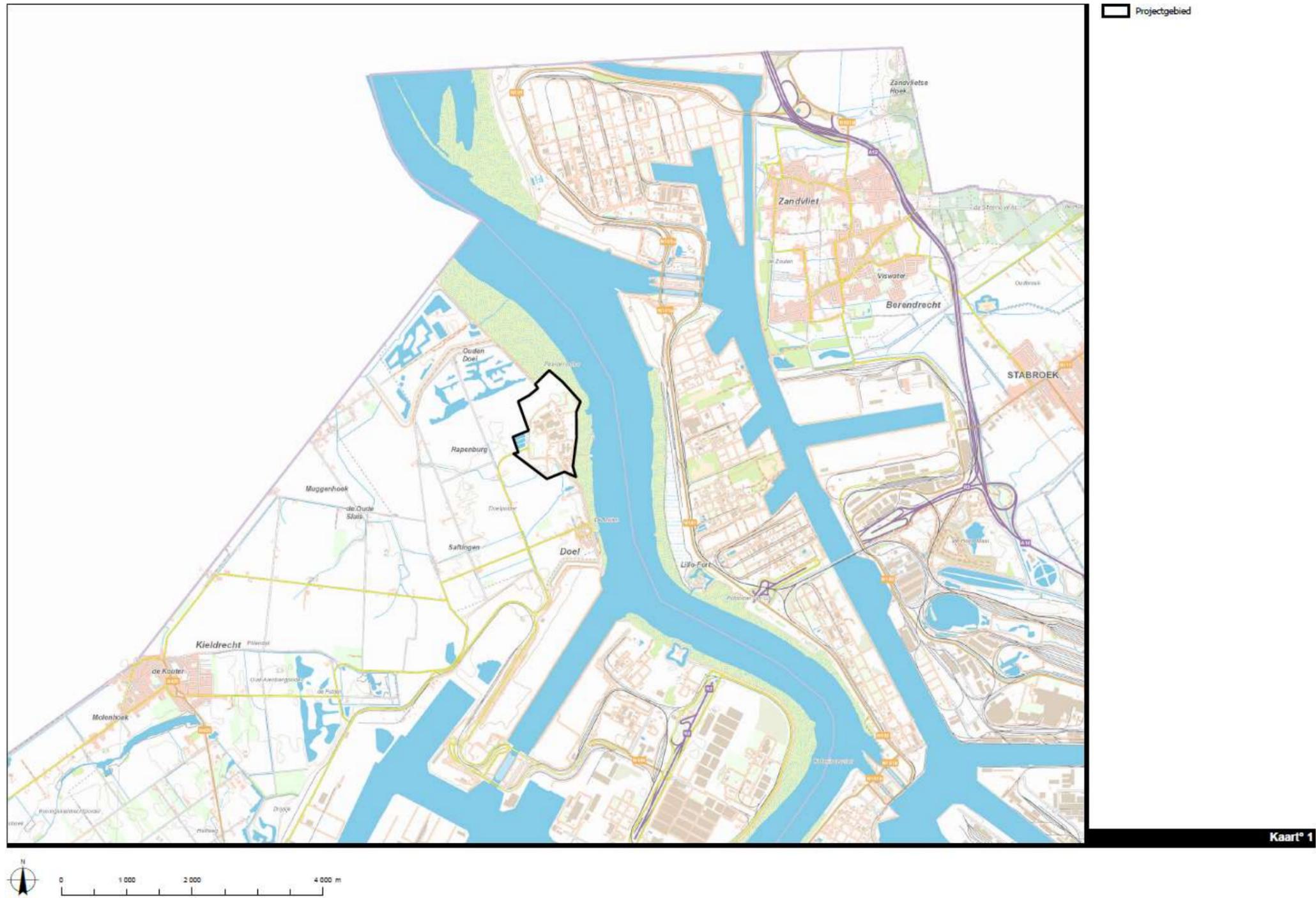
A.1 Liste des cartes

Carte 1	Localisation de la zone du projet sur la carte topographique	3
Carte 2	Plan des rues	4
Carte 3	Plan régional	5
Carte 4	Plan régional d'aménagement du territoire (GRUP)	6
Carte 5	Carte du sol	7
Carte 6	Modèle numérique d'élévation	8
Carte 7	Études et assainissements du sol	9
Carte 8	Captages d'eau souterraine autorisés	10
Carte 9	Atlas hydrographique flamand (VHA)	11
Carte 10	Évaluation aquatique – zones inondables	12
Carte 11	Évaluation aquatique – zones érodables	13
Carte 12	Évaluation aquatique – zones sujettes à l'écoulement souterrain	14
Carte 13	Carte d'évaluation biologique (BWK)	15
Carte 14	Zones spéciales de conservation (SBZ)	16
Carte 15	Habitats européens	17
Carte 16	Zones Ramsar	18
Carte 17	Réseau écologique flamand (VEN)	19
Carte 18	Réserves naturelles	20
Carte 19	Atlas des risques – carte de synthèse pour les oiseaux	21
Carte 20	Patrimoine immobilier protégé	22
Carte 21	Inventaires établis	23
Carte 22	Inventaires scientifiques	24

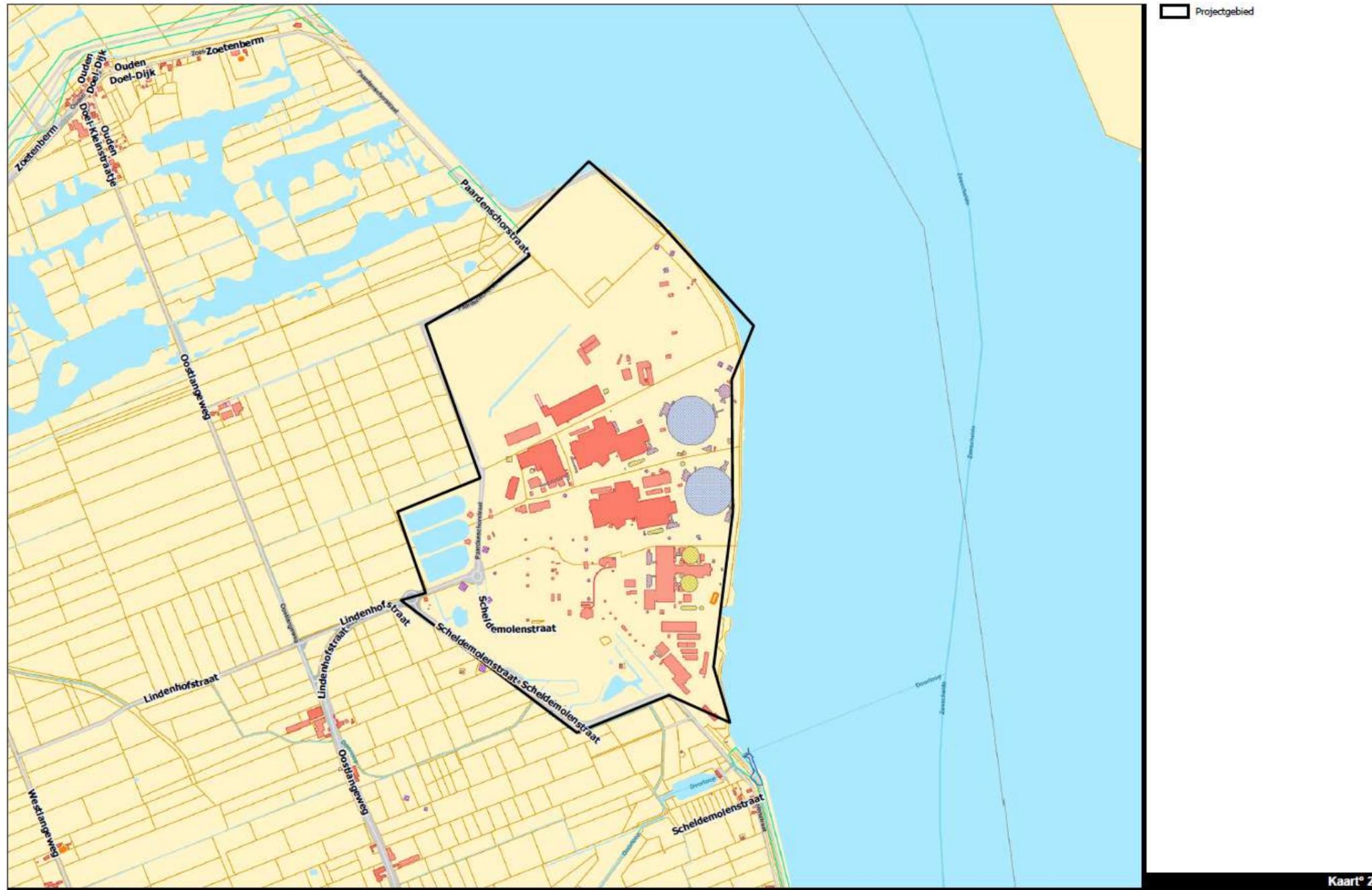


Carte 23	Utilisation du sol	25
Carte 24	Fonctions vulnérables.....	26
Carte 25	Sites des établissements Seveso	27
Carte 26	Carte différentielle NO2 LTO	28
Carte 27	Carte différentielle NO2 no LTO	29

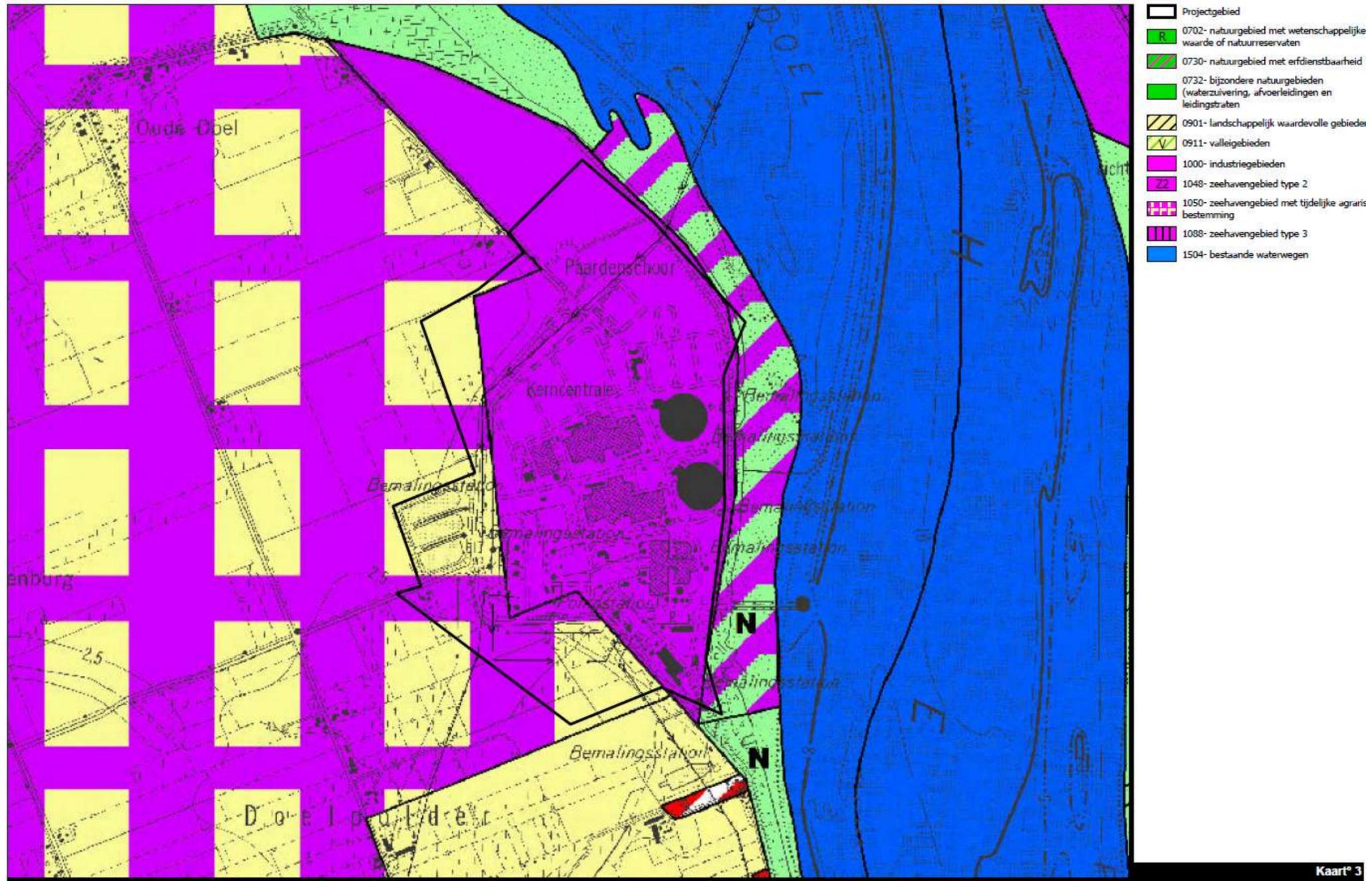
A.2 Les cartes



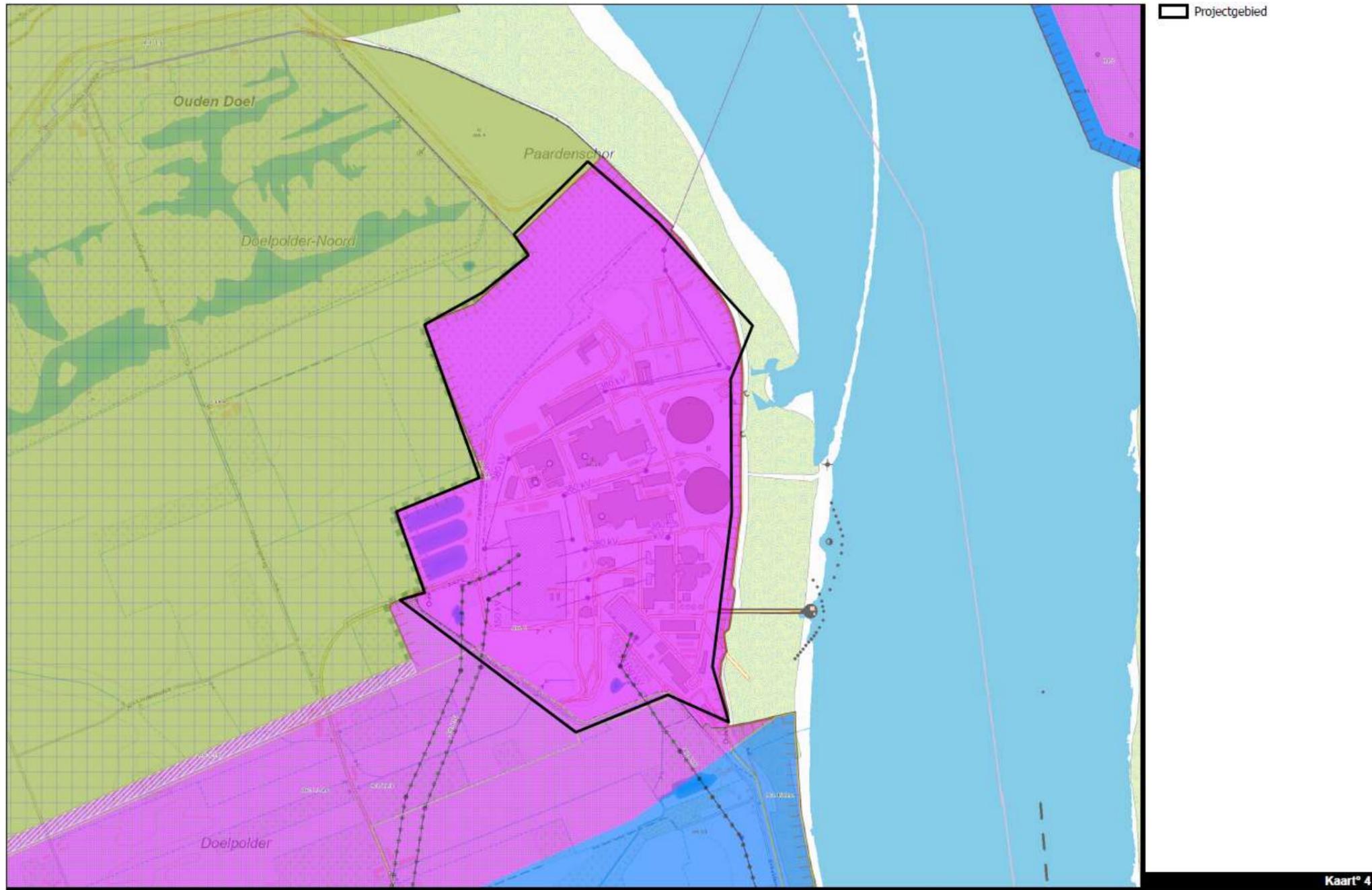
Carte 1 Localisation de la zone du projet sur la carte topographique



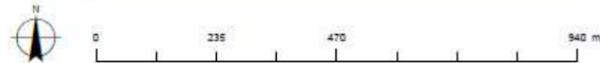
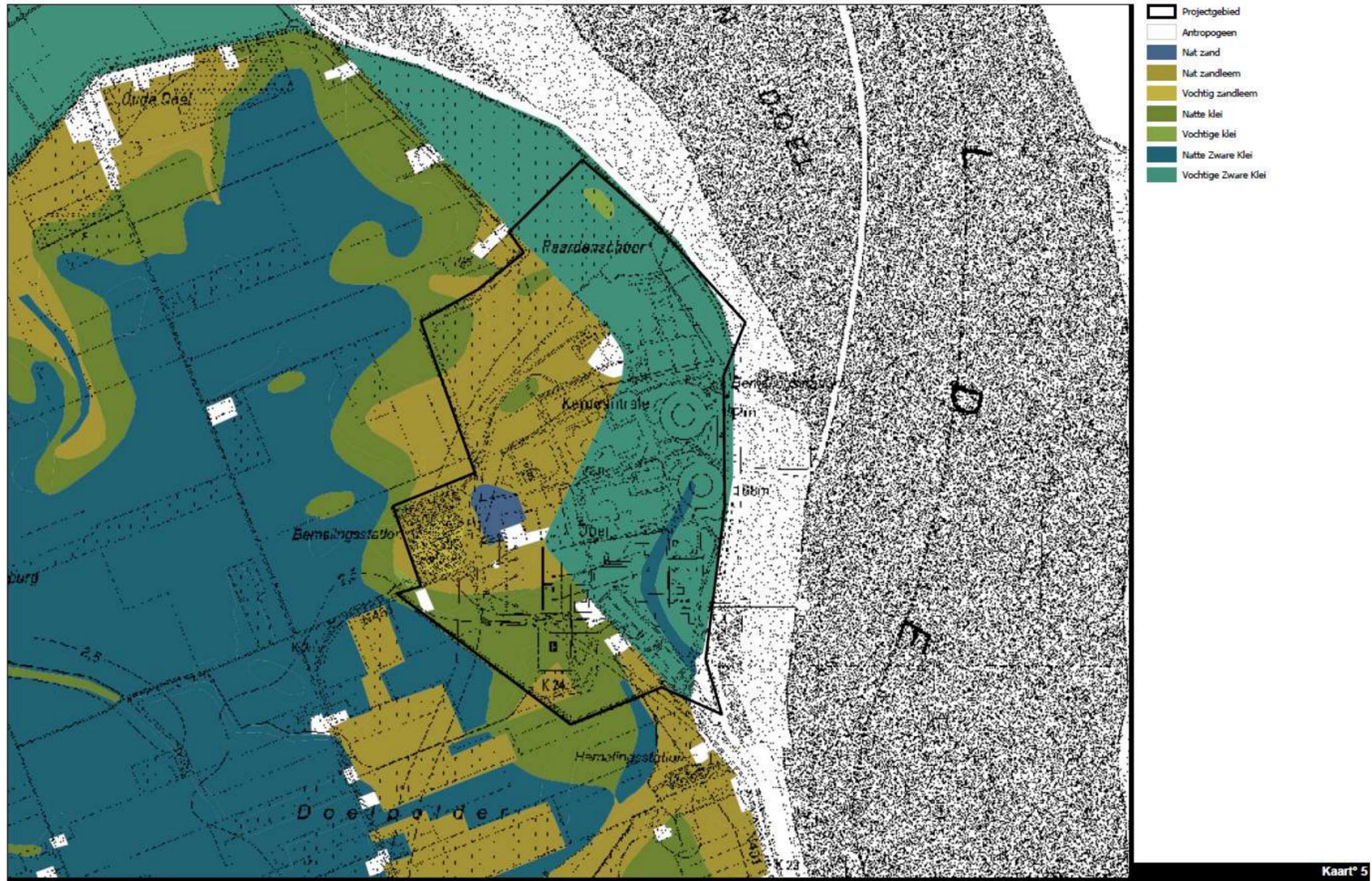
Carte 2 Plan des rues



Carte 3 Plan régional



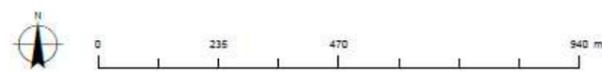
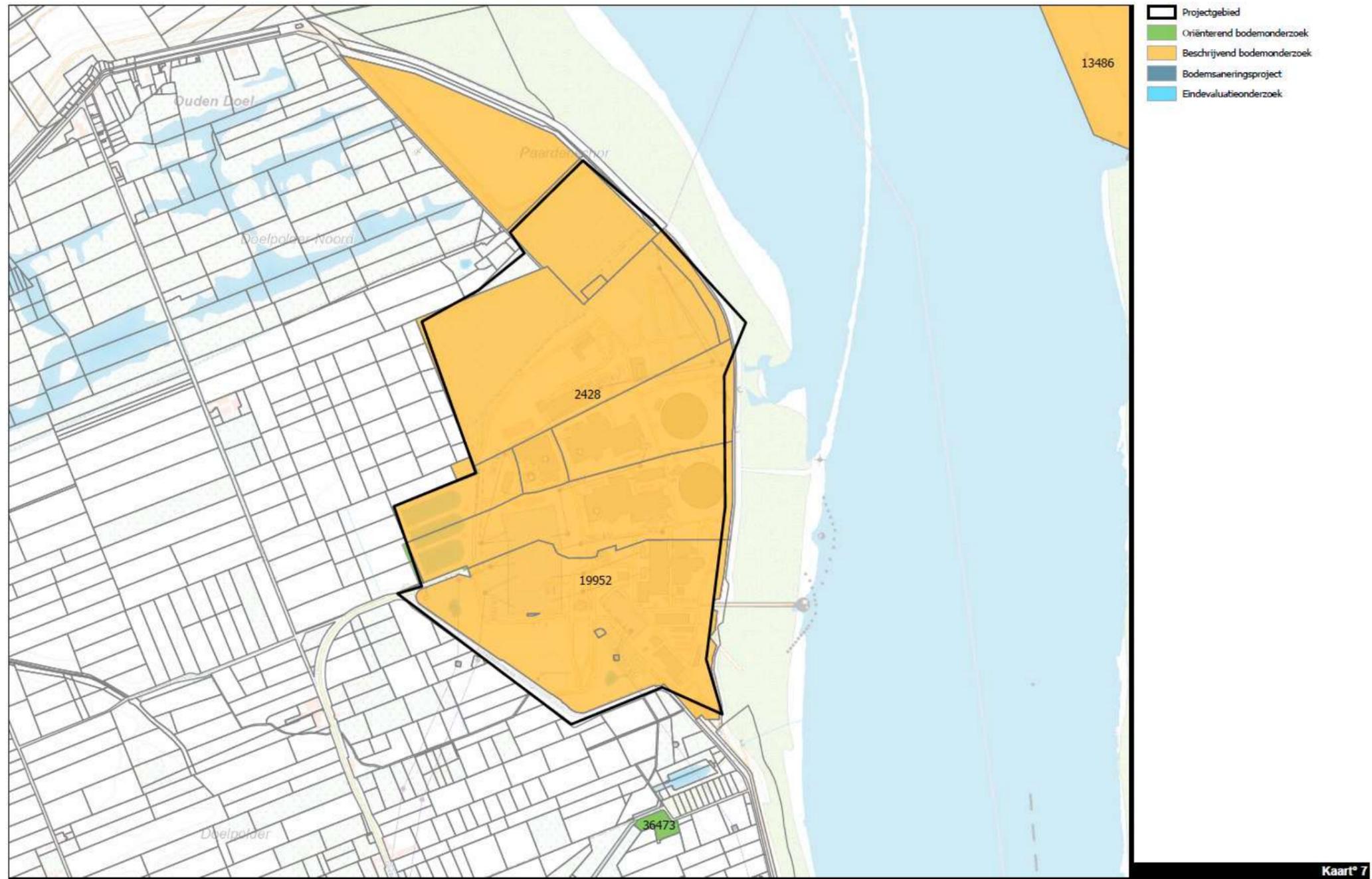
Carte 4 Plan régional d'aménagement du territoire (GRUP)



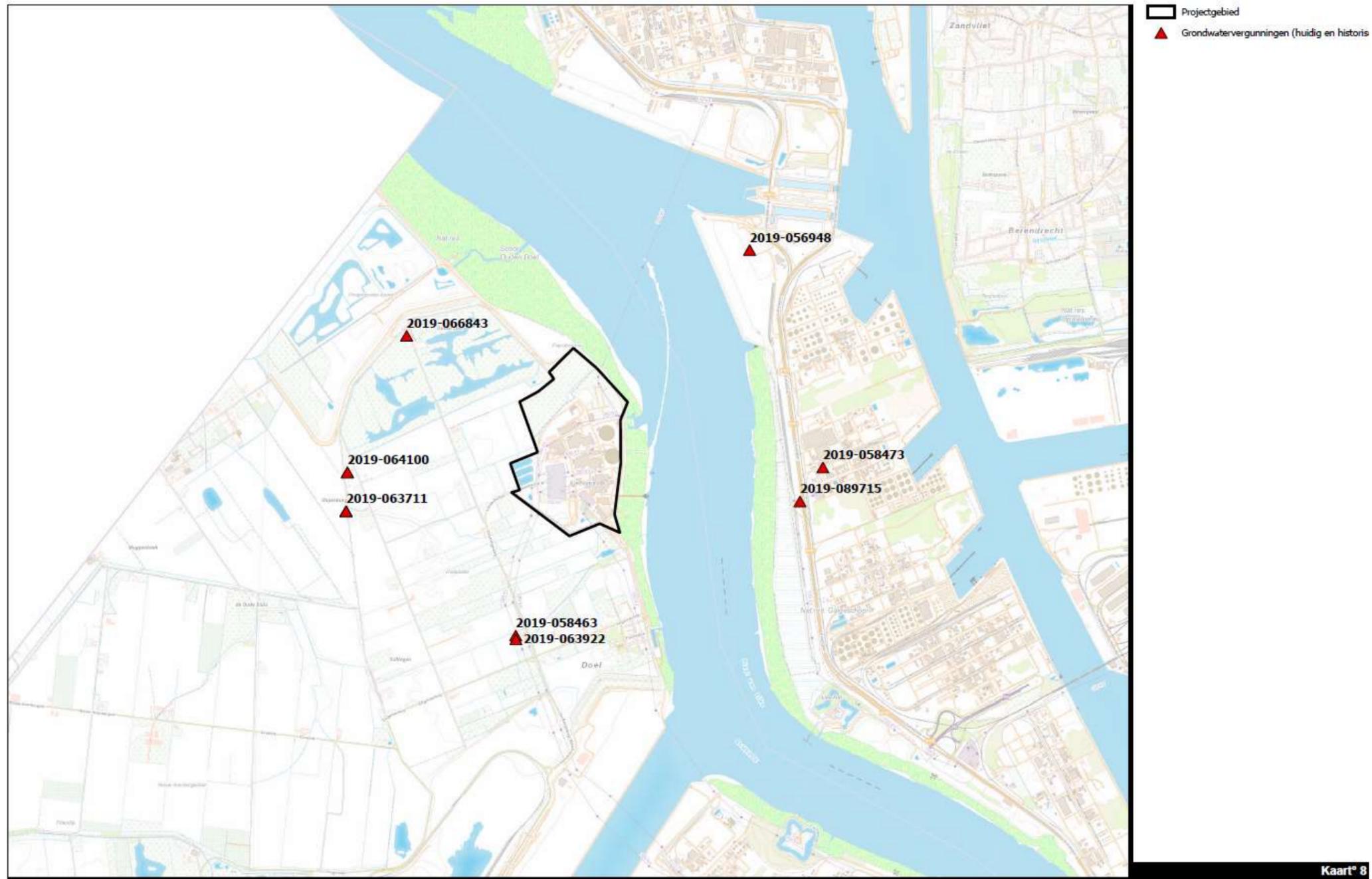
Carte 5 Carte du sol



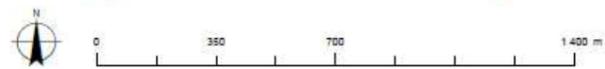
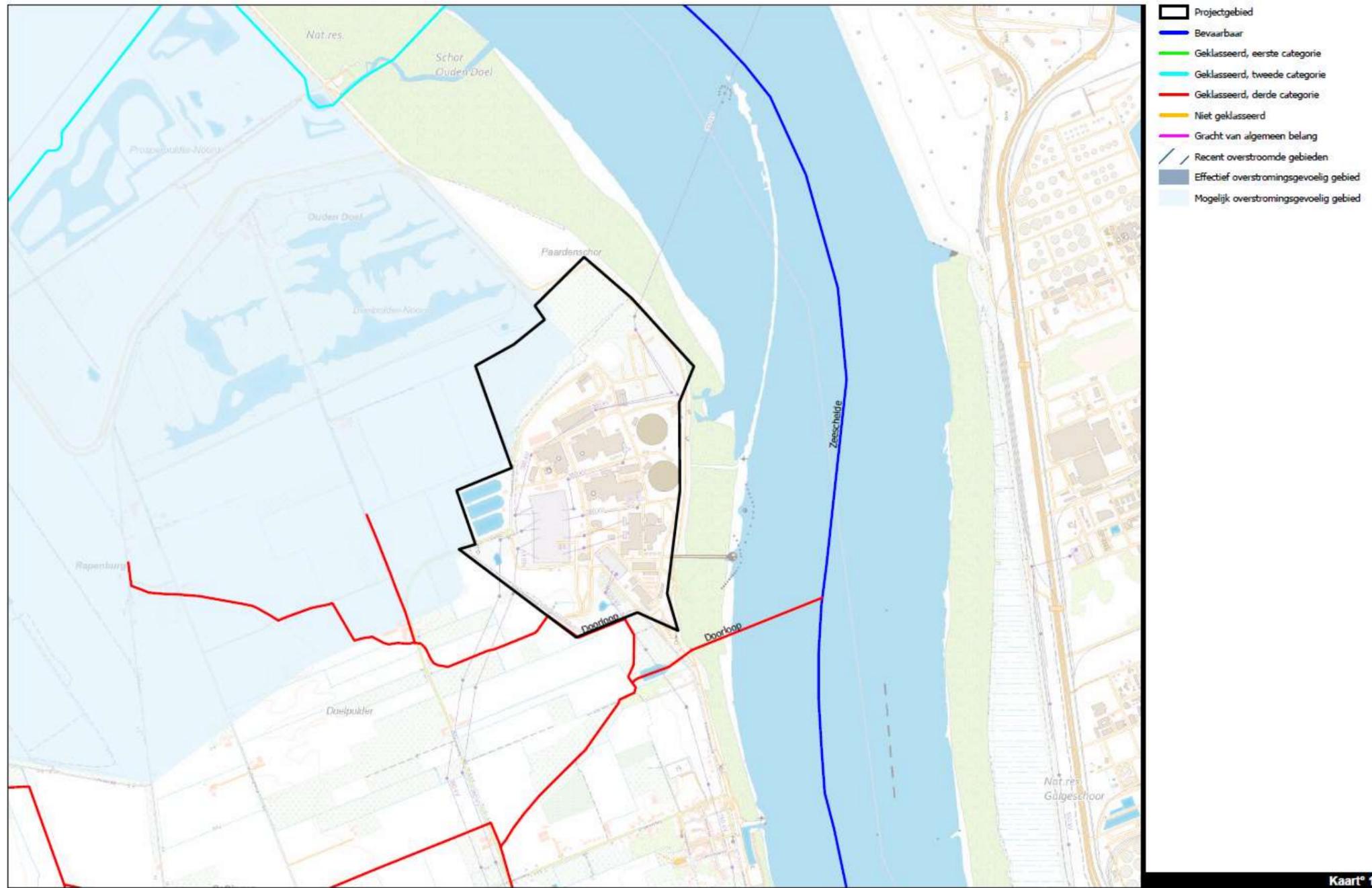
Carte 6 Modèle numérique d'élévation



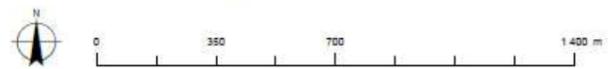
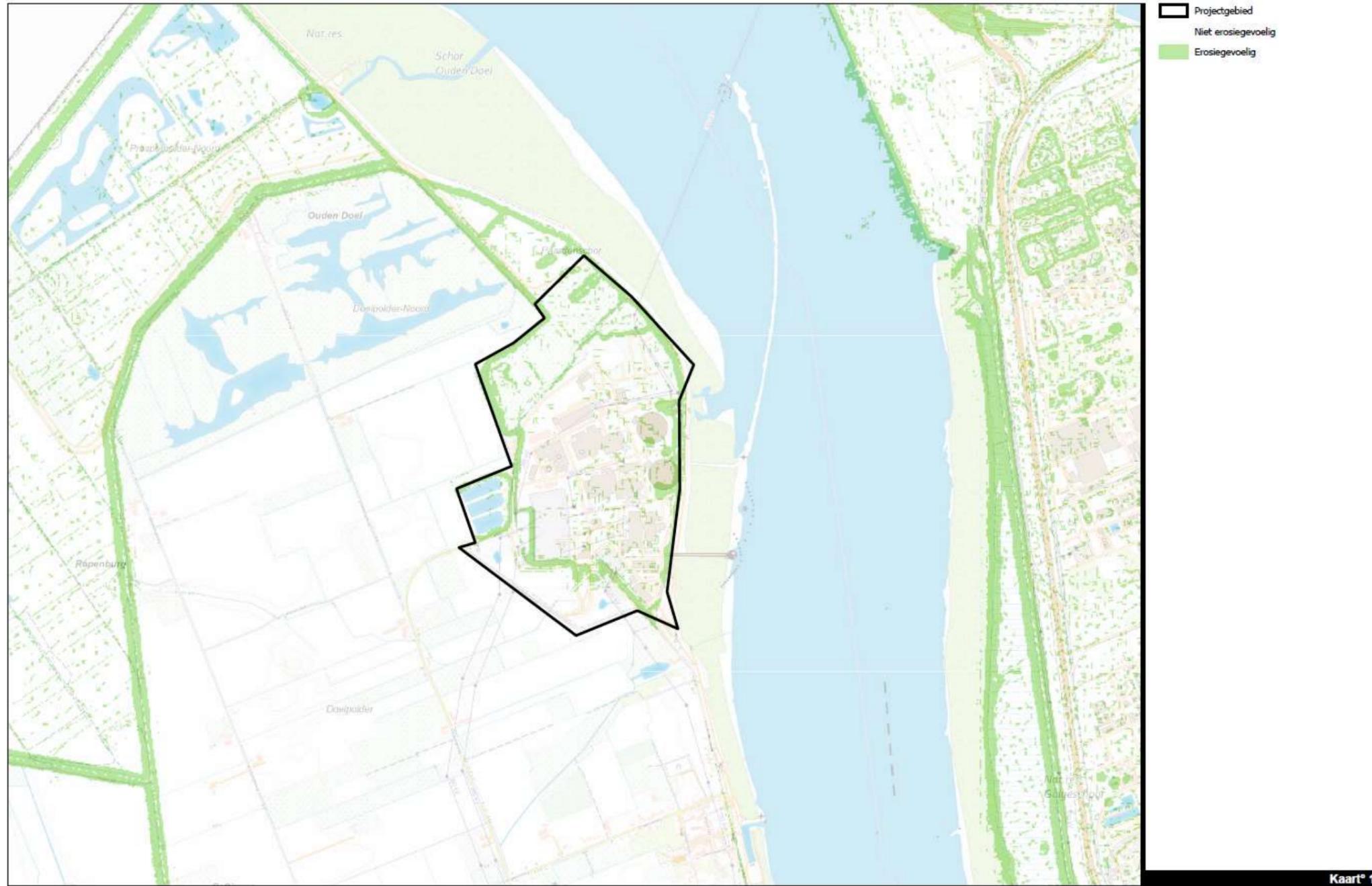
Carte 7 Études et assainissements du sol



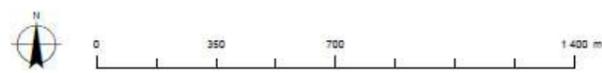
Carte 8 Captages d'eau souterraine autorisés



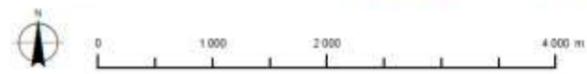
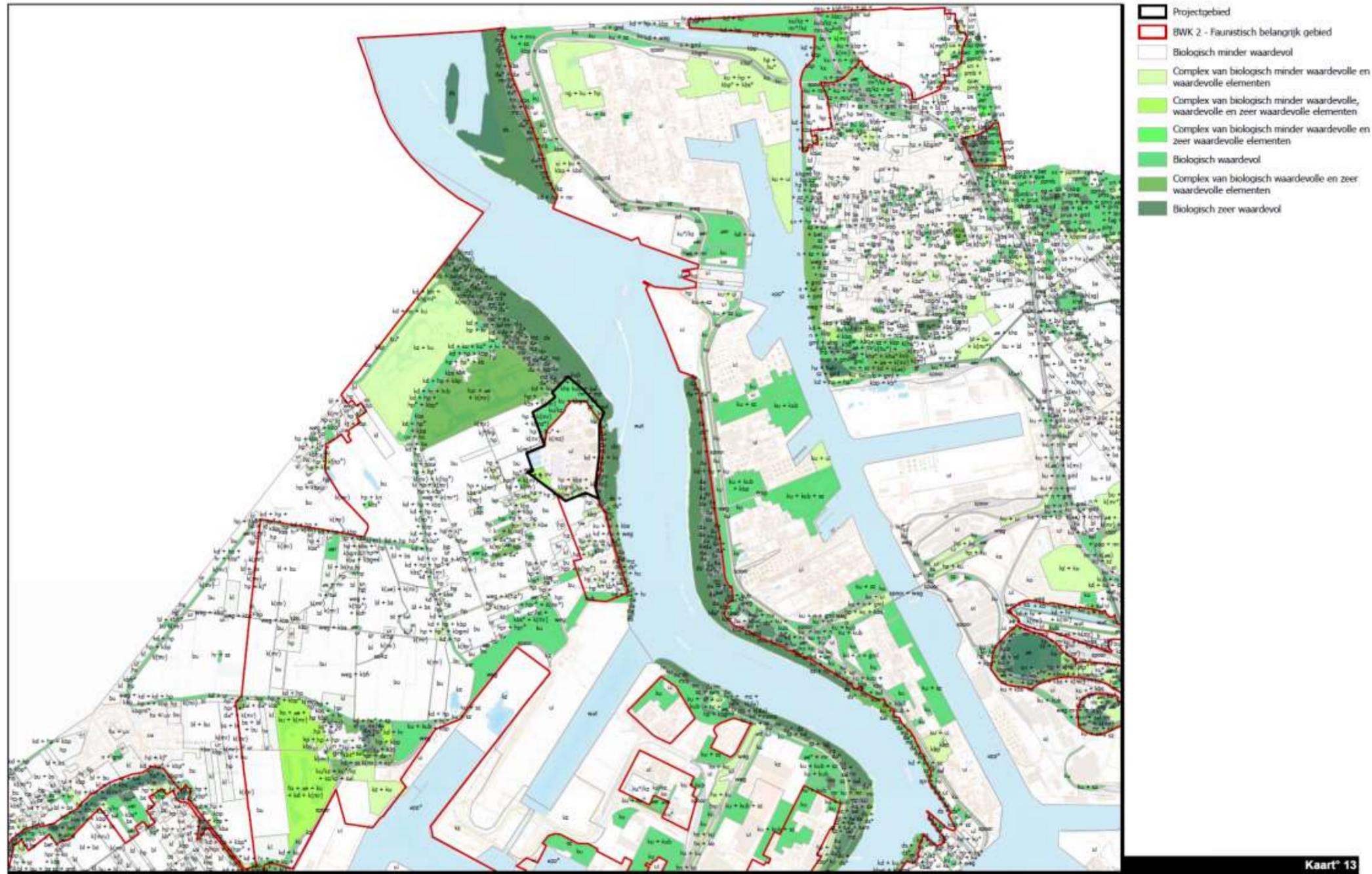
Carte 10 Évaluation aquatique – zones inondables



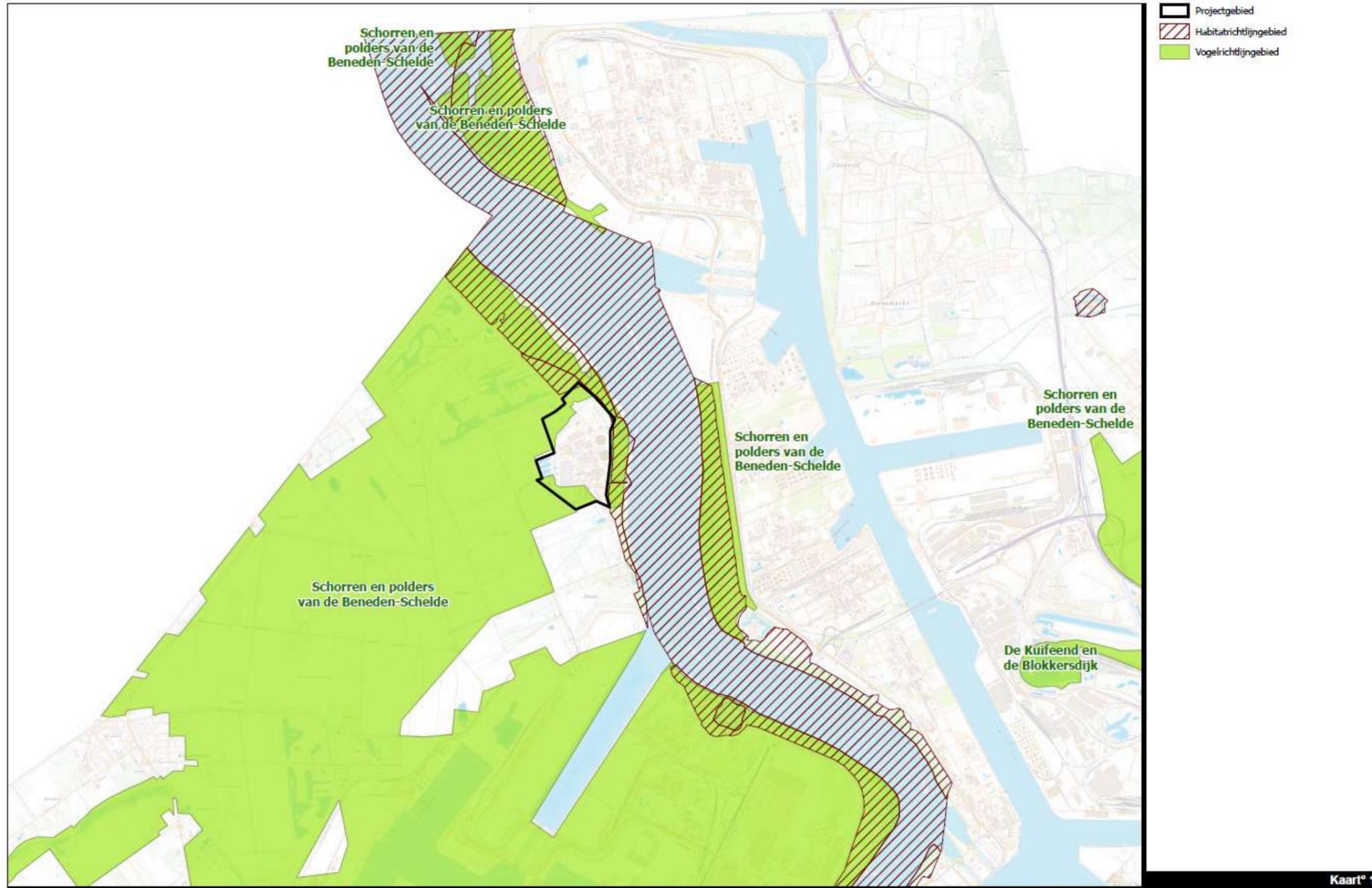
Carte 11 Évaluation aquatique – zones érodables



Carte 12 Évaluation aquatique – zones sujettes à l'écoulement souterrain



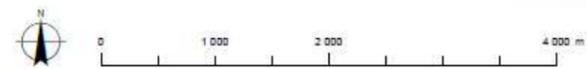
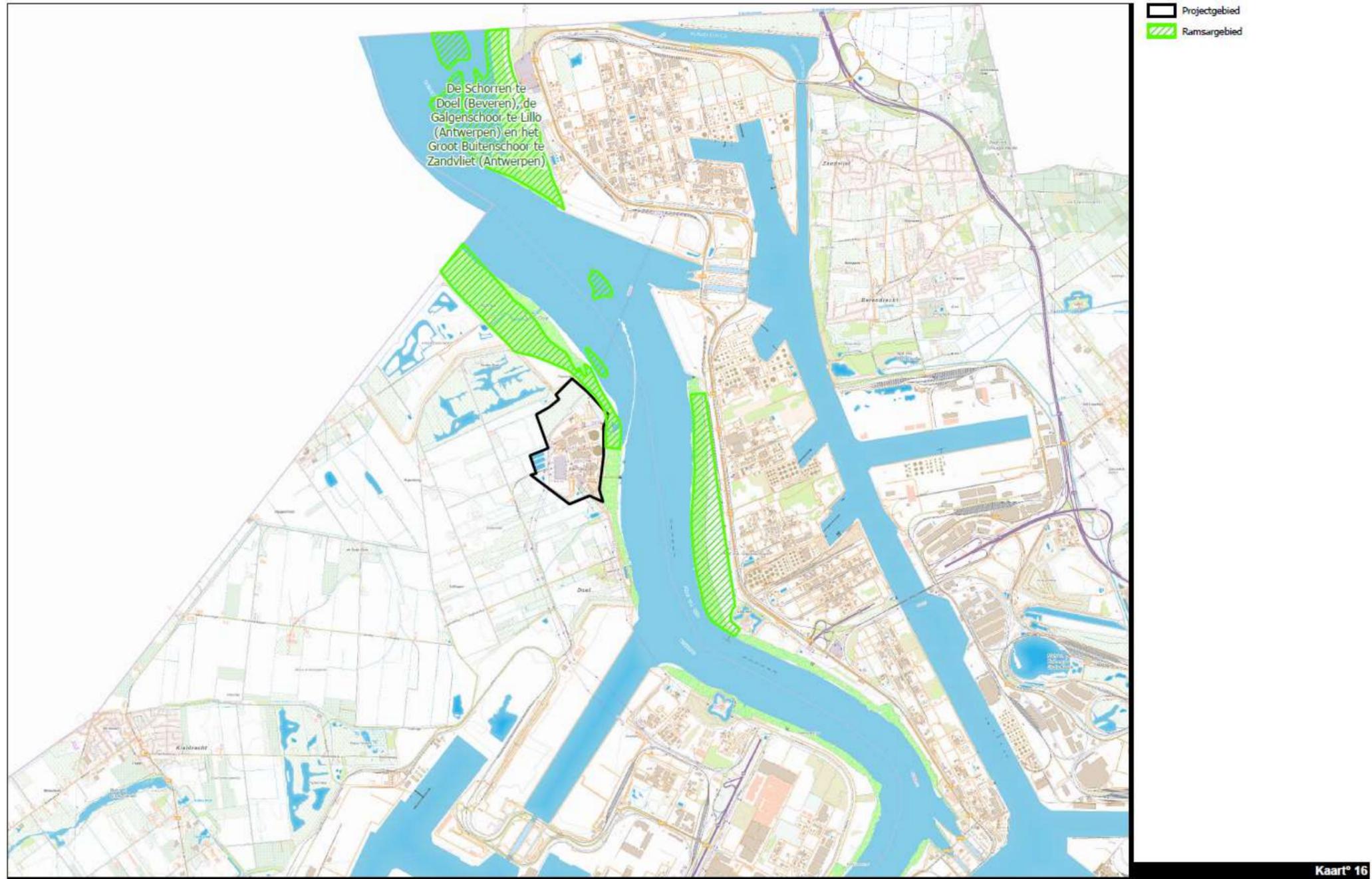
Carte 13 Carte d'évaluation biologique (BWK)



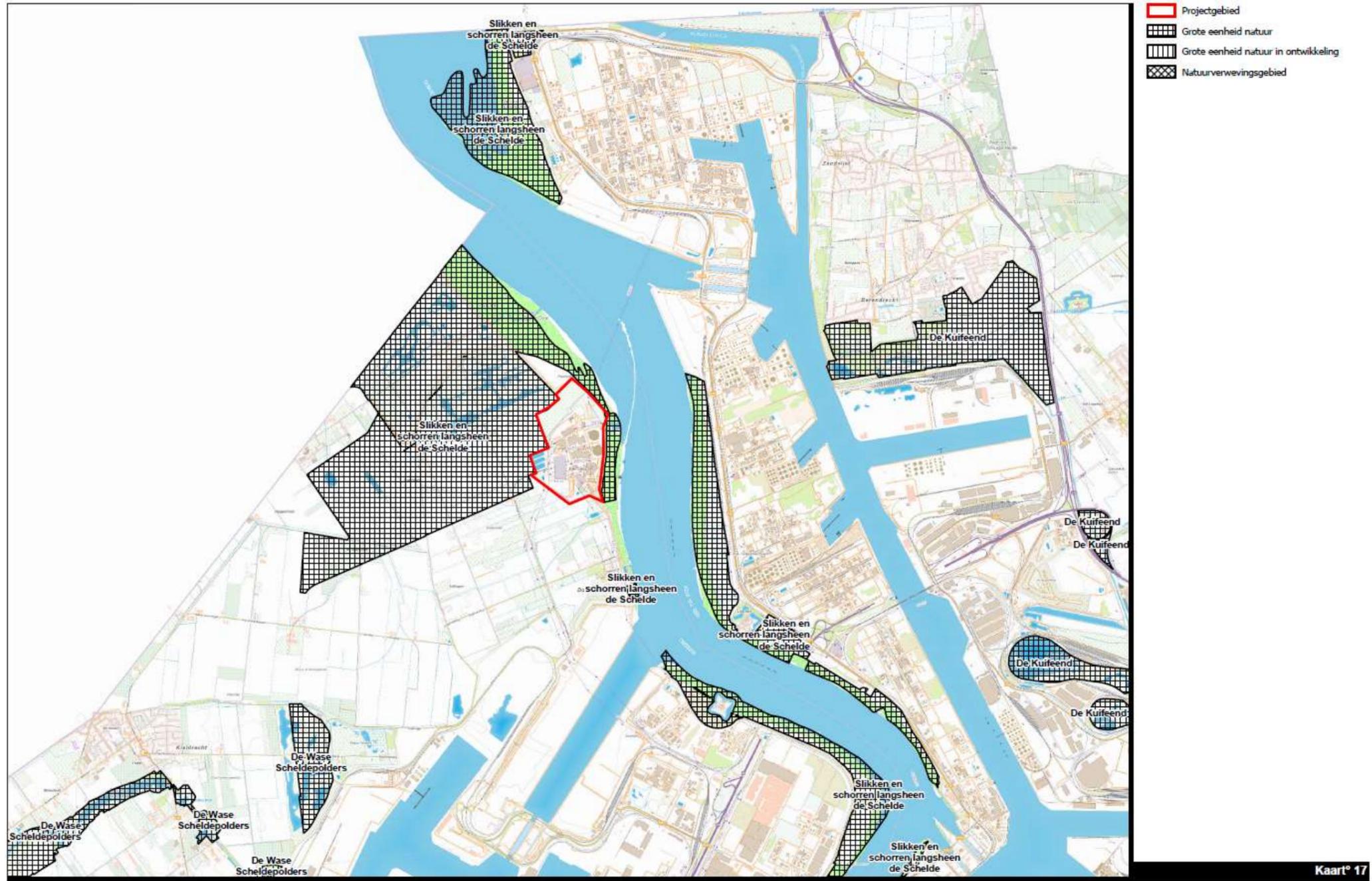
Carte 14 Zones spéciales de conservation (SBZ)



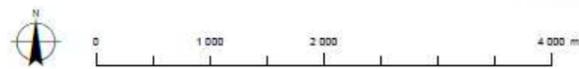
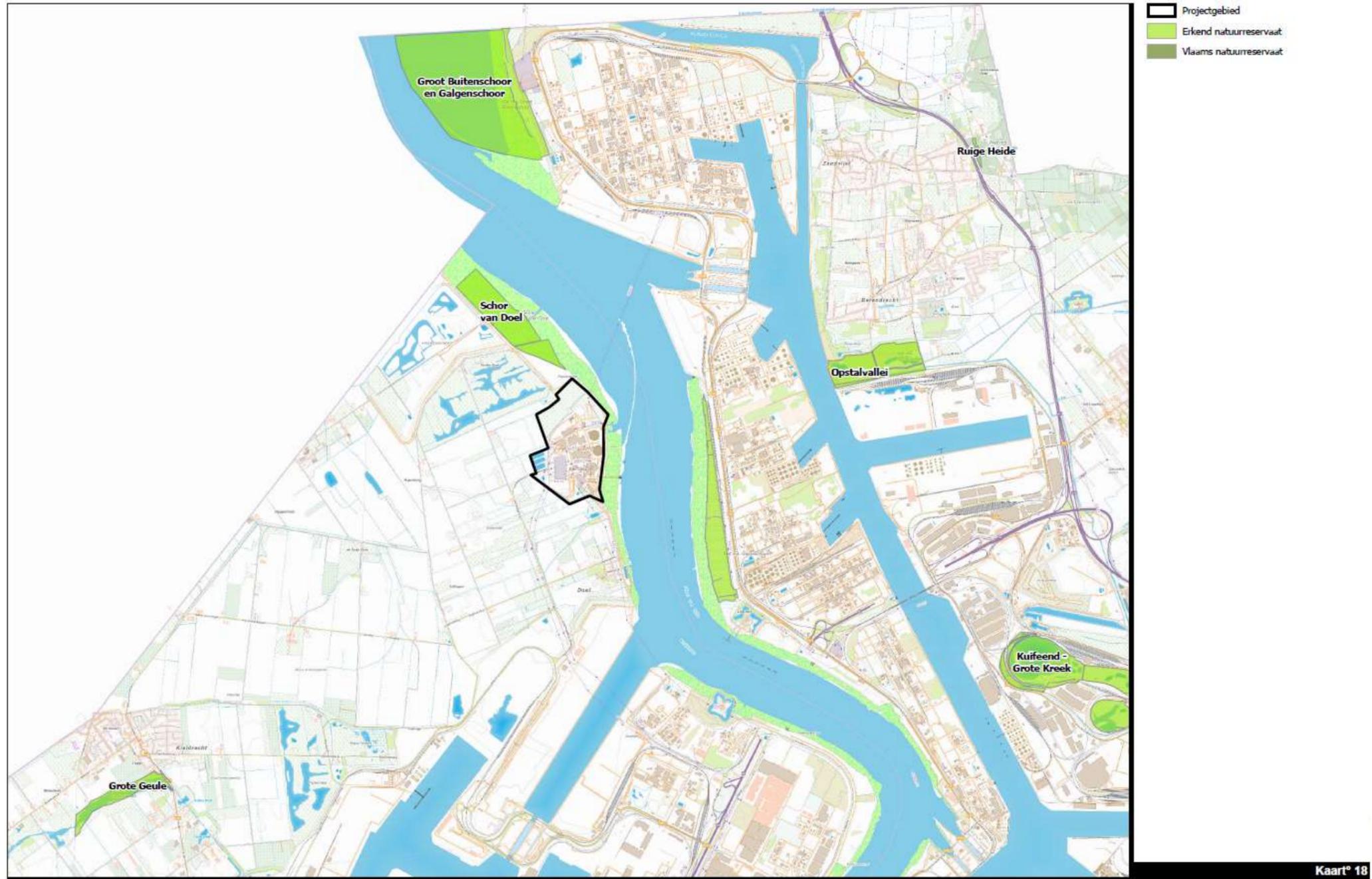
Carte 15 Habitats européens



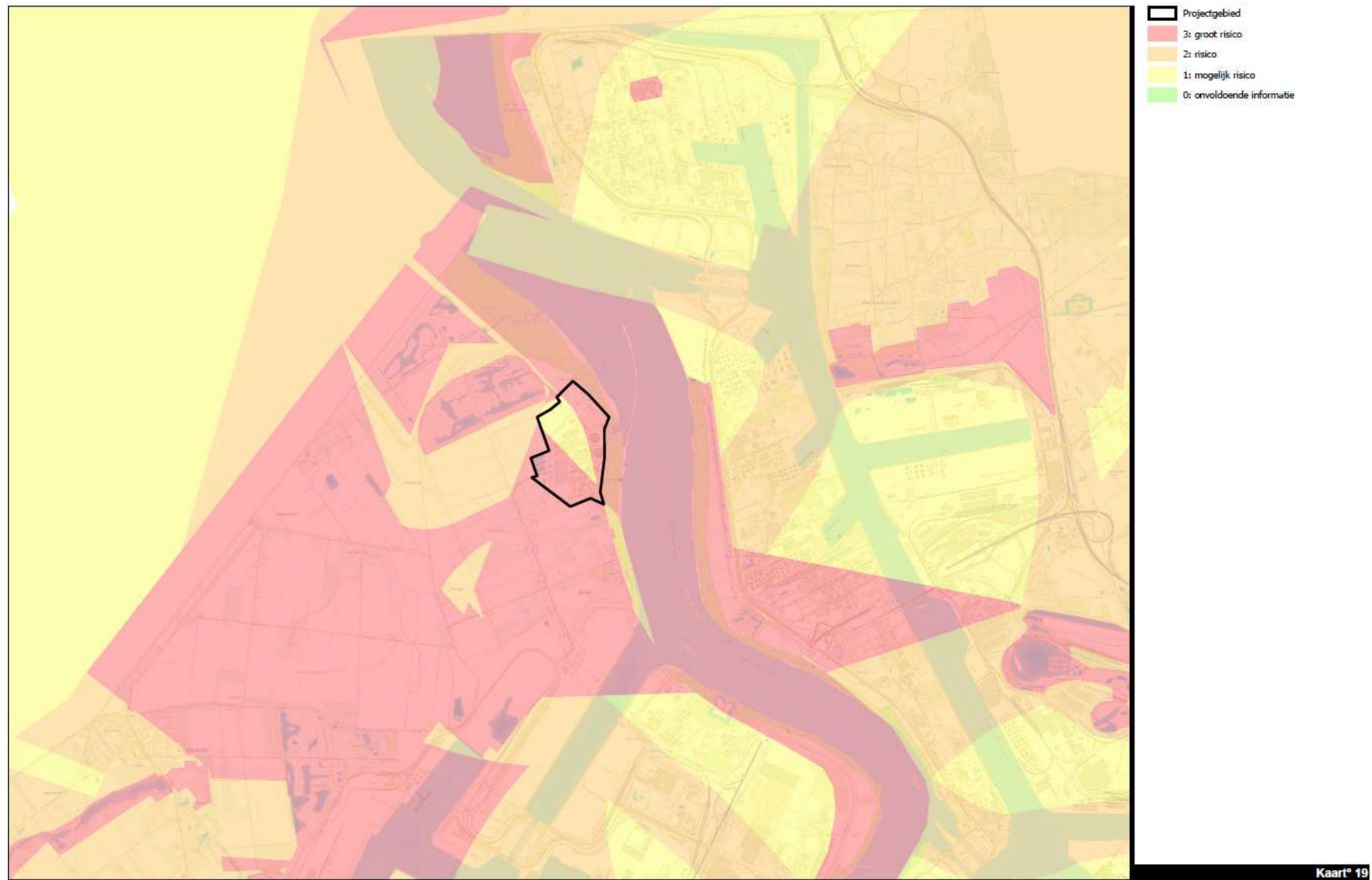
Carte 16 Zones Ramsar



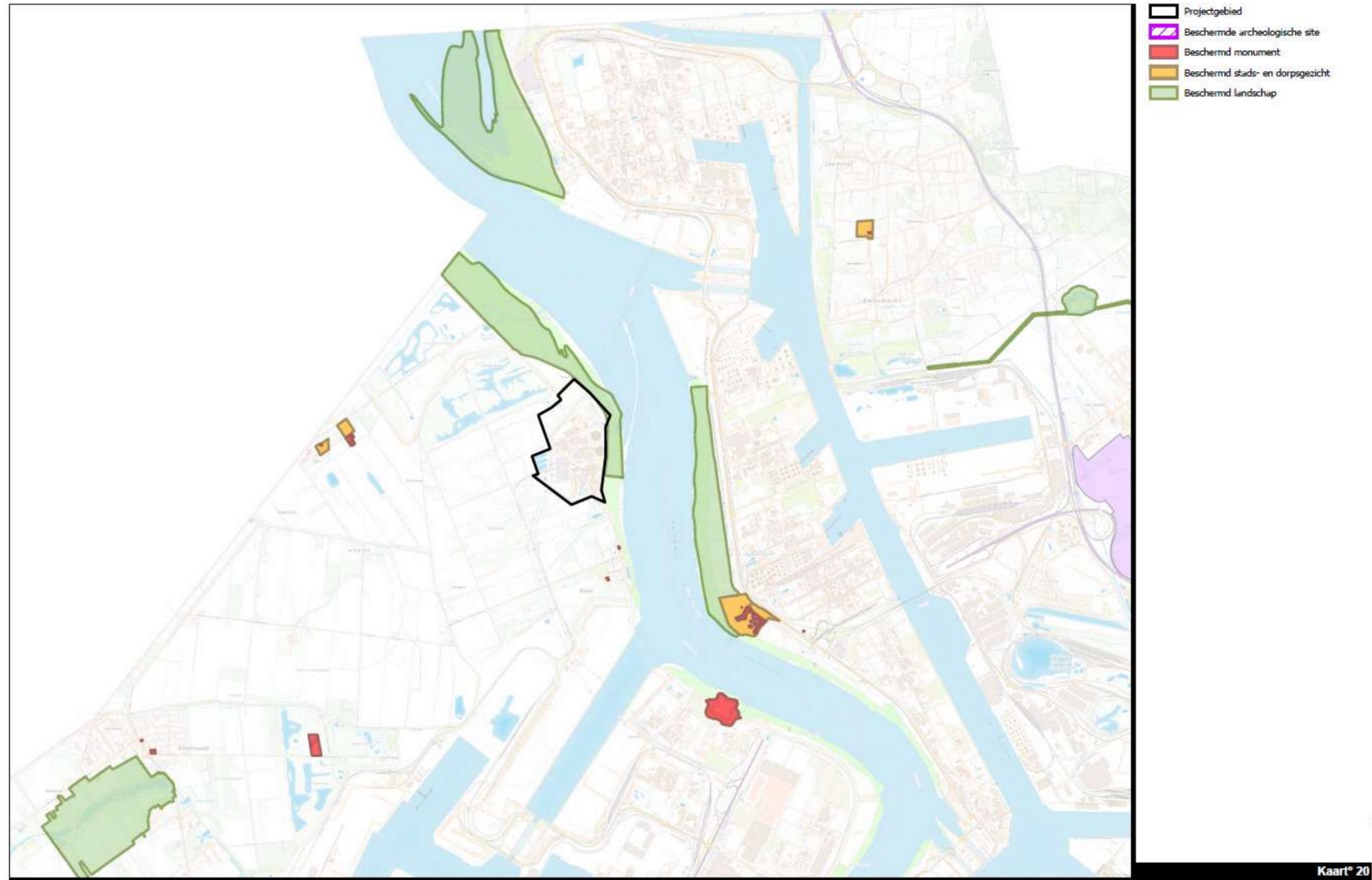
Carte 17 Réseau écologique flamand (VEN)



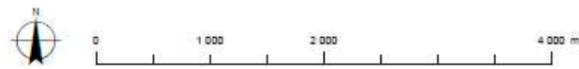
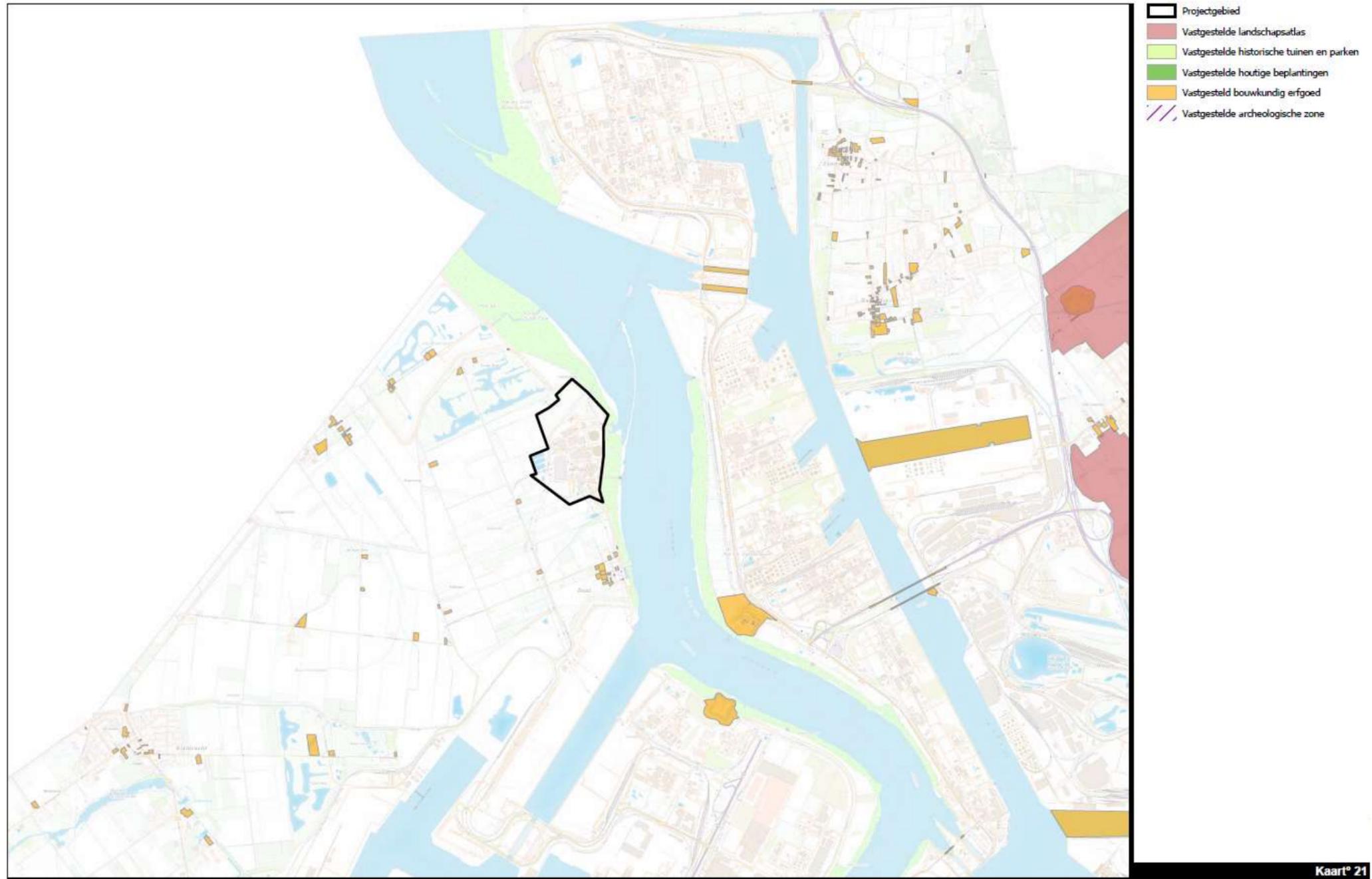
Carte 18 Réserves naturelles



Carte 19 Atlas des risques – carte de synthèse pour les oiseaux

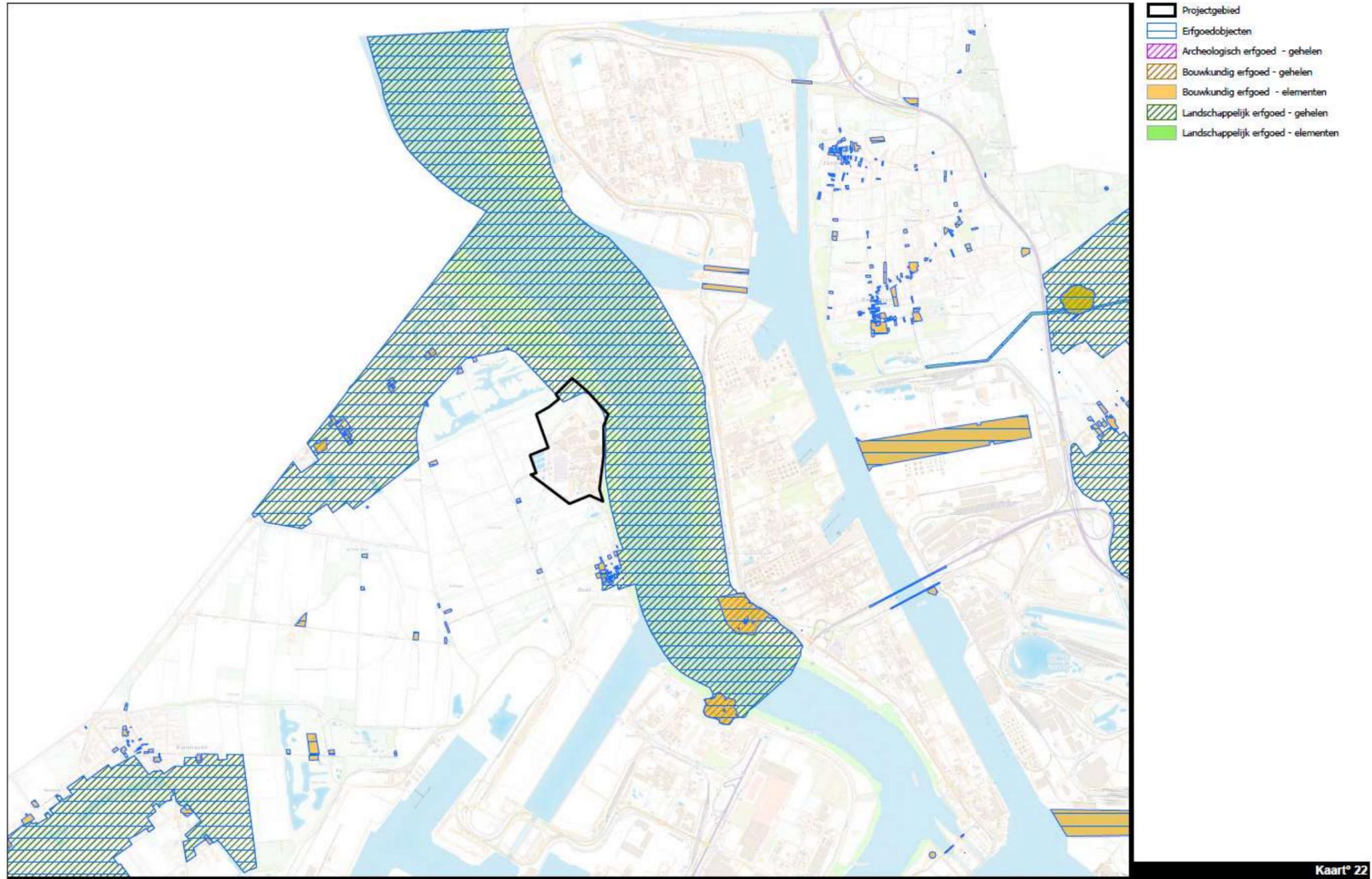


Carte 20 Patrimoine immobilier protégé



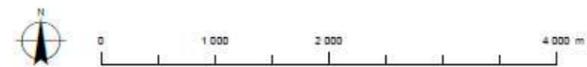
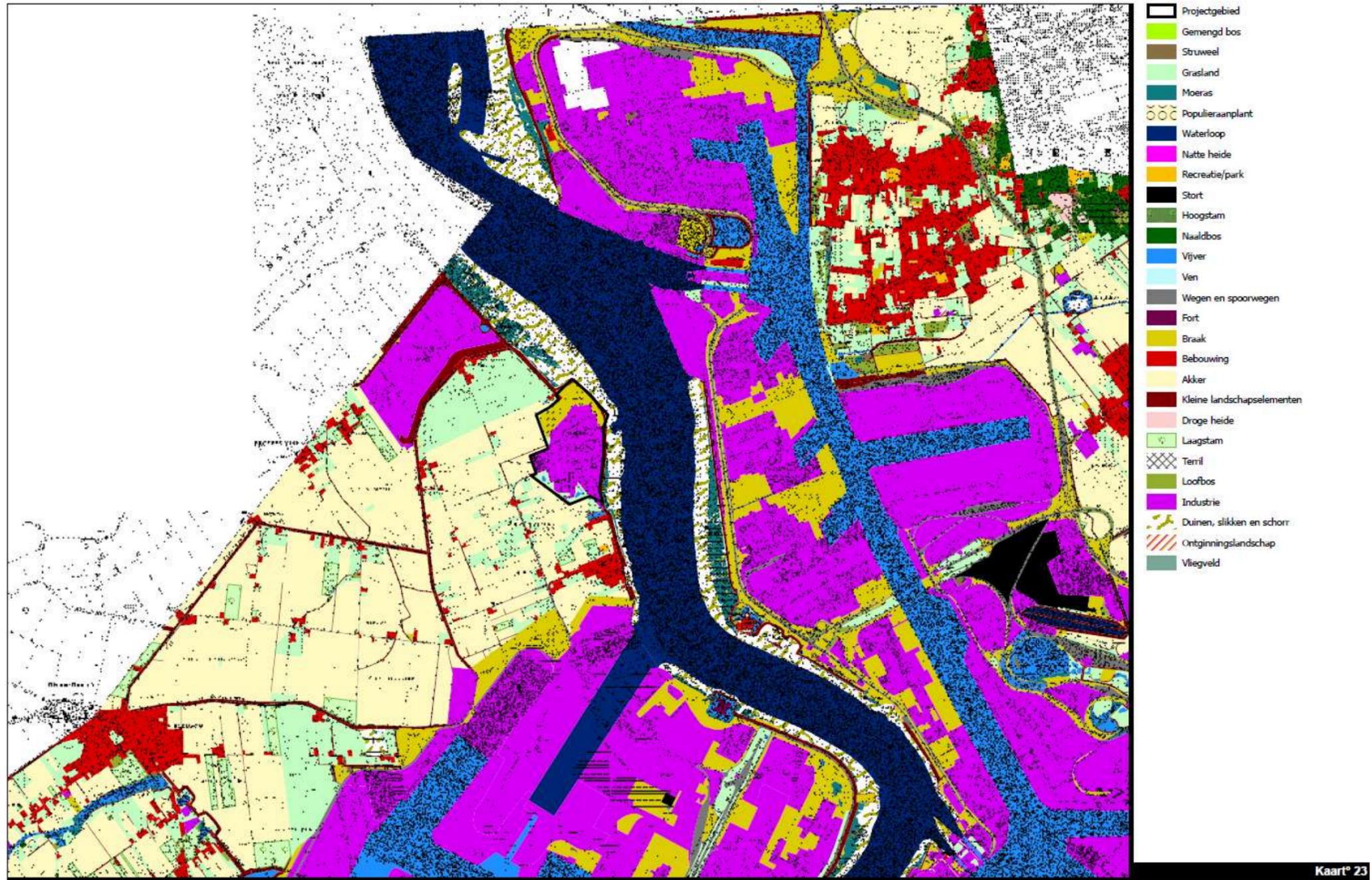
Carte 21 Inventaires établis

Kaart 21

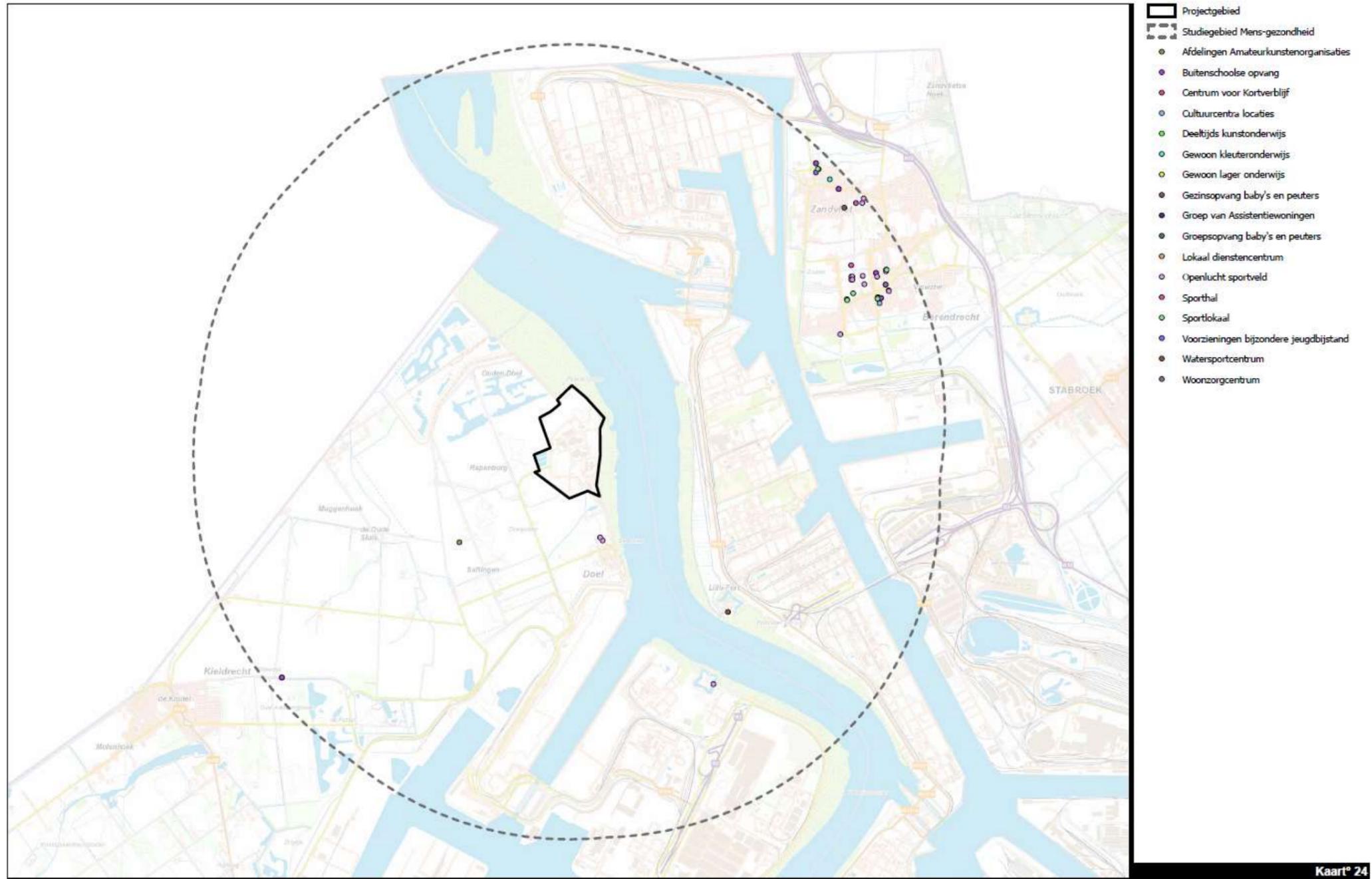


Carte 22 Inventaires scientifiques

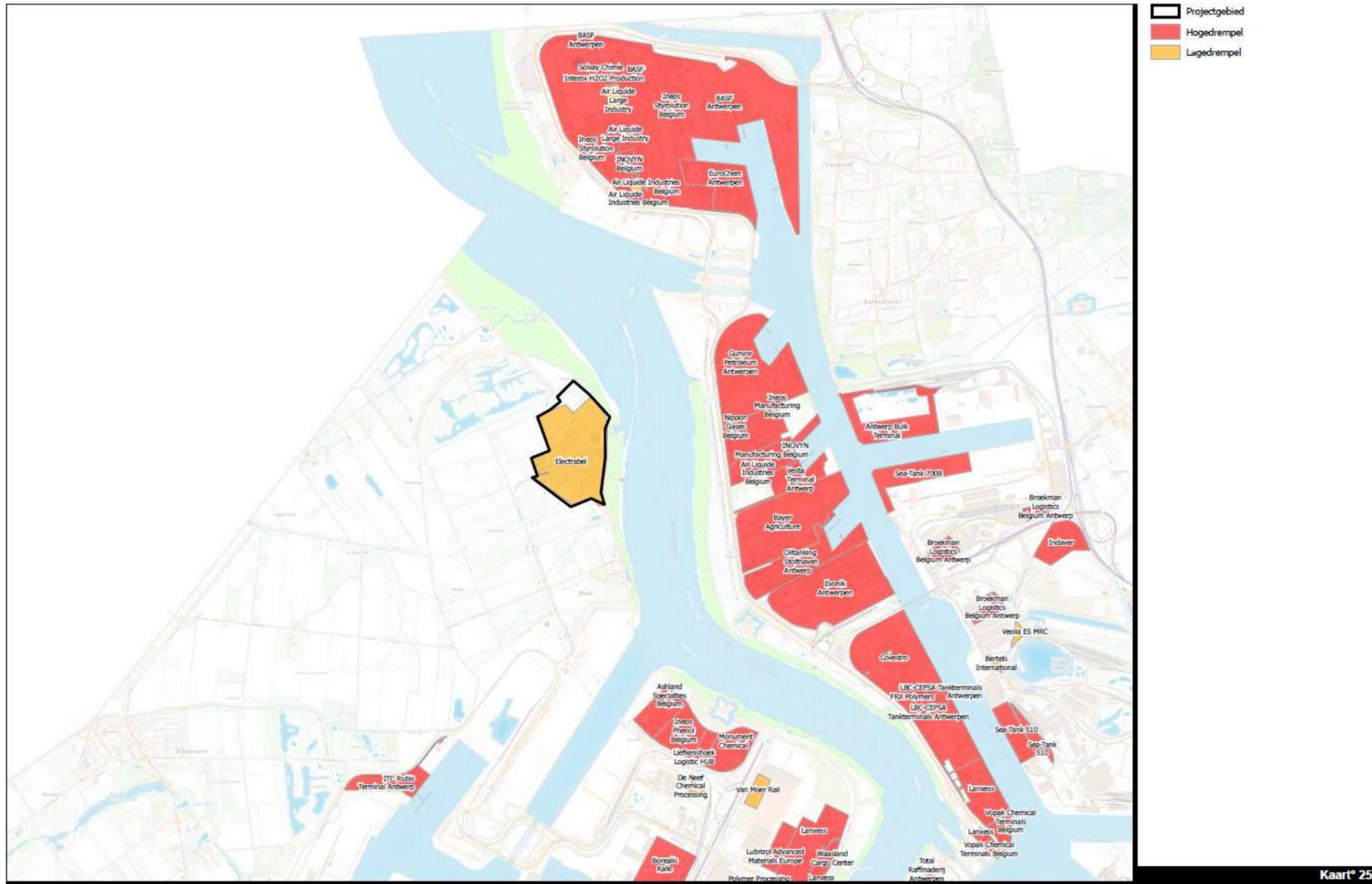
Kaart[®] 22



Carte 23 Utilisation du sol



Carte 24 Fonctions vulnérables



Carte 25 Sites des établissements Seveso



Carte 26 Carte différentielle NO2 LTO



Carte 27 Carte différentielle NO2 no LTO

Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011 – maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater van de kerncentrale van Doel op de Schelde

Electrabel NV

Projectnummer BE0111001590 | finaal | 12-06-2012



**Opdrachtgever**

Electrabel nv
Haven 1800
Scheldemolenstraat
9130 Doel

De heer Michel Aerts
Milieucoördinator
03/202 22 66
Michel.aerts@electrabel.com

Projectomschrijving

Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011 – maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater van de kerncentrale van Doel op de Schelde

**Opdrachtnemer**

ARCADIS Belgium nv
Maatschappelijke zetel
Koningsstraat 80
B-1000 Brussel

Postadres
ARCADIS Belgium nv
Kortrijksesteenweg 302
B-9000 Gent

Contactpersoon

Riet Durinck
Telefoon +32 9 24 24 424
Telefax +32 9 24 24 445
E-mail r.durinck@arcadisbelgium.be
Website www.arcadisbelgium.be

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	5
2	BESCHRIJVING MEETMETHODE.....	7
2.1	Monitoringsdata en -omstandigheden	7
2.2	Meetmateriaal en monitoringsdiepte.....	7
2.3	Monitoringslocaties	8
3	RESULTATEN VAN DE MONITORINGSCAMPAGNES.....	11
4	MODELLERING	13
5	BESPREKING VAN DE RESULTATEN	15
5.1	Vaststellingen.....	15
5.1.1	Afgaand water	15
5.1.2	Kentering bij laagwater	17
5.1.3	Opkomend water.....	17
5.1.4	Afgaand water, vlak na hoogwater kentering	18
5.1.5	Globaal temperatuurverloop per invloedzone over 12 uur	18
5.2	Toetsing gemeten waarden aan de gemodelleerde waarden	19
5.2.1	Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – 1 uur kentering bij laagwater.	19
5.2.2	Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – daggemiddelde	27
5.3	Overlevingskans van exoten.....	29
6	Conclusies.....	31
6.1	Watertemperatuurverhoging bij kentering bij laagwater	31
6.2	Daggemiddelde watertemperatuurverhoging	31
6.3	Overlevingskans van exoten.....	32
BIJLAGEN	33

1 INLEIDING

Electrabel baat in Doel een kerncentrale uit, waarbij het gebruik van koelwater vereist is. Het koelwater wordt uit de Schelde opgepompt en daarna teruggestort, en voert op die manier grote hoeveelheden warmte af naar de Schelde. Die temperatuursverhoging is van belang voor het leven in en rond het Schelde-estuarium.

Voor de lozing van koelwater van elektrische centrales zijn in de VLAREM sectorale voorwaarden opgelegd. Voor de temperatuur van het geloosde koelwater gelden volgende emissiegrenswaarden:

- Maximum 33°C als ogenblikkelijke waarde
- Maximum 32°C als daggemiddelde
- Maximum 30°C als voortschrijdend 30-dagengemiddelde

In het kader van de hervergunning van de milieuvergunning van de kerncentrale werd in 2010 een milieueffectenrapport (MER) opgemaakt, waarin ondermeer de impact van de koelwaterlozing op de temperatuur van de Schelde werd beschreven en beoordeeld. De impact werd geëvalueerd door toepassing van het model CORMIX¹. Dit is een softwaresysteem voor de analyse en voorspelling van lozingen in diverse waterlichamen.

De grootste invloed van de lozing van het koelwater bleek zich te situeren ter hoogte van de Plaat van Doel stroomafwaarts van het lozingspunt. Gezien het temperatuurverloop er lokaal niet gekend is en de modelresultaten verder gevalideerd en gepreciseerd dienen te worden, is in het MER voorgesteld ter hoogte van de Plaat van Doel een monitoring van de temperatuur van de Schelde uit te voeren. Deze monitoring dient toe te laten de evolutie van de temperatuur te verifiëren op de Plaat van Doel gedurende de getijdencyclus en dit in het bijzonder bij de kentering bij laagwater en het model te valideren. De kennis van deze evolutie is vooral wenselijk bij de hoogste Scheldetemperaturen in warme periodes. Daartoe is in het MER voorgesteld op verschillende dagen temperatuurmetingen van het Scheldewater uit te voeren.

In het vergunningsbesluit voor de verdere vergunning van de kerncentrale van Doel is deze aanbeveling gevolgd en is opgenomen dat er een monitoringsprogramma dient uitgevoerd te worden om de invloed van het koelwater van de kerncentrale op de Schelde na te gaan en de modelresultaten verder te valideren en te preciseren.

¹ CORMIX: Cornell Mixing Zone Expert System

Voorliggend verslag geeft de resultaten weer van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes ter invulling van deze eis. De monitoringscampagnes werden uitgevoerd conform het monitoringsprogramma opgemaakt op 24 mei 2011, conform het 'voorstel voor verdere monitoring' opgenomen in het verslag van monitoringscampagnes 1 en 2 (d.d. 05/09/2011) en conform de opmerkingen en voorstellen van de bevoegde overheden aangegeven vóór aanvang van de 1^{ste} monitoringscampagne en op het overleg van 12 september 2011.

2 BESCHRIJVING MEETMETHODE

2.1 Monitoringsdata en -omstandigheden

De monitoringscampagnes van de periode juni 2011 tot maart 2012 werden uitgevoerd op volgende data:

Monitoringscampagne	1	2	3	4	5
Monitoringsdata	16/06/2011	02/08/2011	29/09/2011	07/02/2012	07/03/2012
Type periode	Gematigde temperaturen	Warme temperaturen	Warme temperaturen	Koude temperaturen	Koude temperaturen
Buitenluchttemperatuur	13,4 tot 19,3°C	17,1 tot 28,0°C	16,3 tot 27,6°C	-11,3 tot -6,4°C	2,2 tot 5,3°C
Weersomstandigheden	Bewolkt, felle regenbuien	Zonnig met sporadisch lichte sluierbewolking	Zonnig, licht bewolkt	Droog, veel wind, zeer koud	Buien

2.2 Meetmateriaal en monitoringsdiepte

De monitoringscampagnes werden uitgevoerd aan de hand van een klein werkschip, dat voor de duur van 1 dag gehuurd wordt. Ter hoogte van alle meetpunten werd de temperatuur en het zuurstofgehalte opgemeten aan de hand van een Hach HQ40d meettoestel met twee sondes met telkens een zuurstof- en temperatuurelektrode, met één sonde op een constante diepte van 0 m tot 0,5 m onder de waterspiegel en de andere sonde op een constante diepte van 2 m tot 2,5 m onder de waterspiegel. De diepte van beide sondes werd constant gehouden door de kabels van de sondes op afgemeten lengte vast te hechten aan een vlottende jerrycan of aan een metalen staaf met gewicht, bevestigd aan de zijkant van het werkschip. Alle metingen werden uitgevoerd bij (relatieve) stilstand van het werkschip.



2.3

Monitoringslocaties

De meetpunten van de diverse campagnes worden weergegeven op de plannen in bijlage 1. Afhankelijk van het doel van de diverse monitoringslocaties werden metingen op diverse plaatsen uitgevoerd:

- **Monitoringscampagne 1** werd uitgevoerd bij gemiddelde temperaturen, met het doel om in de periode rond de kentering bij laagwater gegevens te verzamelen ter hoogte van de Plaat van Doel, in een zone tot ca. 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt (i.e. de zone die binnen de strekdam gelegen is).
 - ➔ Bovendien werden er metingen uitgevoerd bij afgaand water nog verder stroomafwaarts van het lozingspunt (tot op ca. 3,7 km);
 - ➔ Bij opkomend tij aan de overzijde van de strekdam (wanneer het koelwater over de strekdam begint te stromen); langsheen de strekdam en tussen het lozingspunt en de captatiepunten;
 - ➔ Twee dwarsprofielmetingen bij opkomend tij, van de ene oever naar de overzijde van de Schelde.
- **Monitoringscampagne 2** werd uitgevoerd bij warme (buitenlucht)temperaturen, met het doel om in de periode rond de kentering bij laagwater gegevens te verzamelen in de zone binnen de strekdam.
 - ➔ Er werden ook metingen uitgevoerd bij afgaand water verder stroomafwaarts (tot op ca. 5 km van het lozingspunt);
 - ➔ Bij opkomend tij aan de overzijde van de strekdam; tussen het lozingspunt en de captatiepunten.
- **Monitoringscampagne 3** werd uitgevoerd bij warme (buitenlucht)temperaturen, met het doel om gedurende 12 h gegevens te verzamelen *enkel* in de zone binnen de strekdam, voor representatieve toetsing aan de daggemiddelde (en 1h kentering) modelresultaten.
 - ➔ Bij hoogwater werd bovendien de temperatuurstoename in de zone op 150-300 m stroomafwaarts van het lozingspunt (mengzone) opgevolgd, met als doel de overlevingskans van exoten in deze zone in te schatten.
- **Monitoringscampagnes 4 en 5** werden uitgevoerd bij koude temperaturen en waren gericht op het beantwoorden van de vraag of de temperatuurverhoging van die aard is dat exoten kunnen overleven en verder ontwikkelen. Daarom werd nagegaan of op bepaalde plaatsen de temperatuur in belangrijke mate verhoogd blijft gedurende de getijdencyclus:
 - binnen de strekdam, in de zone dicht bij het lozingspunt en bij opkomend water;
 - buiten de strekdam, stroomopwaarts, in de zone tussen het lozingspunt en de captatiepunten bij hoogwater en afgaand water.

- Bovendien werden er in de zone binnen de strekdam, tot ca. 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt ook metingen uitgevoerd in de periode rond de kentering bij laagwater (zoals bij de eerdere campagnes).

Naast de temperatuur werd eveneens telkens het zuurstofgehalte gemeten (zie bijlage 2). De metingen tonen geen zuurstofverarming van het Scheldewater ten gevolge van de lozing van warm koelwater, eerder een lichte aanrijking (bij doorstroming van het koelwater doorheen het koelproces wordt het water sterk belucht). De resultaten van de zuurstofmetingen worden in voorliggend verslag niet verder in detail besproken.

Bijkomend is gebruik gemaakt van data die reeds continu door Electrabel verzameld worden in het kader van de goede werking van het koelwatersysteem van de kerncentrale:

- datareeksen van temperatuur en zuurstofgehalte ter hoogte van de intake (captatiepunt) en het lozingspunt;
- datareeksen van buitenluchttemperaturen ter hoogte van de centrale.

3 RESULTATEN VAN DE MONITORINGSCAMPAGNES

In onderstaande tabel worden de specificaties van de uitgevoerde monitoringscampagnes weergegeven.

Parameter		1 16/06/11	2 02/08/11	3 29/09/11	4 07/02/12	5 07/03/12
Gemiddelde temperatuur Schelde	Achtergrondwaarde zoals gemeten tijdens monitoringscampagnes ⁽¹⁾	19,3°C	19,5°C	18,6°C	3,4°C	6,8°C
Gemiddelde temperatuur Schelde bij intake koelwater	Achtergrondwaarde zoals gemeten door Electrabel bij intake ⁽²⁾	19,4°C	19,8°C	18,9°C	3,7°C	7,0°C
Gemiddelde lozingstemperatuur		30,5°C	31,1°C	30,4°C	17,1°C	23,1°C
Temperatuursverschil (ΔT) Scheldewater en koelwater bij lozing		11,2°C	11,6°C	11,8°C	13,7°C	16,3°C
Lozingsdebiet	Maximaal vergund debiet (alle eenheden in dienst)	195.760 m ³ /h ⁽³⁾ (54,4 m ³ /s)				
Begin en einde monitoring		7h00 tot 19h00	7h00 tot 19h00	7h00 tot 19h00	7h00 tot 17h00	7h00 tot 16h00
Laagwater		10h57	12h39	11h53	9h39	9h11
Hoogwater		16h46	18h14	17h25	15h21	14h52

⁽¹⁾ Gemeten bij afgaand water en stroomopwaarts van de lozing; aan de overzijde van de Schelde; of bij opkomend water stroomafwaarts van de lozing.

⁽²⁾ Bij deze waarde is de bijdrage van de lozing van het koelwater reeds geïncorporeerd.

⁽³⁾ Gedurende de wintercampagnes was het lozingsdebiet 40.000 m³/h lager dan bij de overige campagnes omwille van de uitschakeling van één pomp.

In bijlage 2 worden de meetresultaten alle uitgevoerde monitoringscampagnes weergegeven. De meetlocaties worden visueel voorgesteld in bijlage 1.

Om de meetresultaten van de punten gelegen binnen de strekdam (het gebied waarop de focus van de monitoring ligt) grafisch voor te kunnen stellen, worden de meetresultaten van dit gebied opgedeeld in drie of vier zones, volgens afstand tot het lozingspunt. De ligging van deze invloedszones wordt geschetst op de plannen in bijlage 1.

Voor elk van deze invloedszones werd de temperatuur uitgezet in functie van de tijd, voor de gehele monitoringsduur (max. 12 h). De beide monitoringsdiepten (0 tot 0,5 m; 2 tot 2,5 m) worden telkens samen op één grafiek voorgesteld. Deze grafieken werden opgemaakt voor alle monitoringscampagnes afzonderlijk (bijlage 3), en voor de gegevens per invloedszone van alle campagnes samen (bijlage 4).

4 MODELLERING

Met het oog op de validering en verdere precisering van de modelresultaten bekomen bij uitvoering van het MER worden de gemeten temperatuursgegevens getoetst ten opzichte van de modelresultaten bekomen bij een lozingstemperatuur en achtergrondtemperatuur van de Schelde zoals gemeten tijdens de monitoringcampagnes.

Voor de modellering wordt de CORMIX software toegepast (zie MER). Dit softwaresysteem, dat gebruik maakt van inputgegevens (zoals de geometrie van het systeem, de lozingskarakteristieken...) laat de voorspelling van de lozingspluim (temperatuurspluim) toe (omvang en reikwijdte).

Volgende scenario's worden gemodelleerd:

- ➔ Ogenblikkelijke waarde bij de kentering met een bathymetrie overeenkomstig beperkte verspreiding Plaat van Doel: voor alle 5 uitgevoerde monitoringcampagnes telkens bij de desbetreffende lozingstemperatuur en de gemeten achtergrondwaarde van het Scheldewater, 1 uur bij kentering bij laagwater (geringe menging).
- ➔ Daggemiddelde waarde over 24 h (een volledige cyclus): enkel voor monitoringcampagne 3, bij de desbetreffende lozingstemperatuur en de gemeten achtergrondwaarde van het Scheldewater. Enkel bij monitoringcampagne 3 werden immers voldoende meetgegevens verzameld voor representatieve toetsing aan de gemodelleerde daggemiddelde waarden.

Voor de simulatie van de bijdrage van de koelwaterlozing op de temperatuur van de Schelde worden de gegevens toegepast die in onderstaande tabel zijn samengevat. Als debiet wordt het maximum vergund lozingsdebiet gehanteerd.

Parameter		Waarde	Bron
Gemiddelde temperatuur Schelde	16/06/2011	19,3°C	Monitoring 1
	02/08/2011	19,5°C	Monitoring 2
	29/09/2011	18,6°C	Monitoring 3
	07/02/2012	3,4°C	Monitoring 4
	07/03/2012	6,8°C	Monitoring 5
Snelheden	Opkomend water Aanname model	1,25 à 2 m/s 1,63 m/s	Wat. Lab
	Afgaand water	1,5 m/s	Wat. Lab
	Kentering	0,05 m/s	Wat. Lab
Waterpeil	Gemiddeld hoogwater	5,18 m TAW	Wat. Lab
	Gemiddeld laagwater	0,04 m TAW	Wat. Lab
	Gemiddelde halftijhoogte	2,61 m TAW	Wat. Lab
Lozingsdebiet		195.760 m ³ /h (54,4 m ³ /s)	Electrabel

Bathymetrie (*)	Breedte	1.100 m	MER
	Diepte	8 m	MER
Bathymetrie Plaat van Doel (*)	Breedte	300 m	MER
	Diepte	3 m	MER
Kenmerken lozingspunt	Breedte	20 m	Electrabel
	Hoogte	1 m	Electrabel
	Oppervlakkige lozing Loodrecht op de Schelde		CORMIX user's manual
Lozingstemperatuur	16/06/2011	30,5°C	Electrabel
	02/08/2011	31,1°C	Electrabel
	29/09/2011	30,4°C	Electrabel
	07/02/2012	17,1°C	Electrabel
	07/03/2012	23,1°C	Electrabel
Heat loss Coefficient		33 W/m ² /C	CORMIX user's manual

(*) Nota: De gemiddelde diepte van de Schelde is 7,8 m en de breedte is ongeveer 1.100 m. Deze gegevens werden aangenomen voor de simulatie ingeval van opkomend water, voor de berekening van het daggemiddelde. Gezien de specifieke ligging van het lozingspunt aan de kop van de Plaat van Doel wordt voor de situatie bij afgaand water aangenomen dat het grootste volume water afkomstig van de koelwaterlozing via deze plaat wegstroomt. Om dit in rekening te brengen werd voor de simulatie aldaar een breedte van 300 m en een diepte van 3 m in aanmerking genomen. Deze aanname werd in rekening gebracht bij de kentering. Bij de berekening van het daggemiddelde werd deze aanname bij eb telkens ook vergeleken met de gemiddelde diepte en breedte van de Schelde gezien gedurende de eerste uren van eb en stroomafwaarts van de Plaat van Doel een ruimere verspreiding kan verwacht worden.

5 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

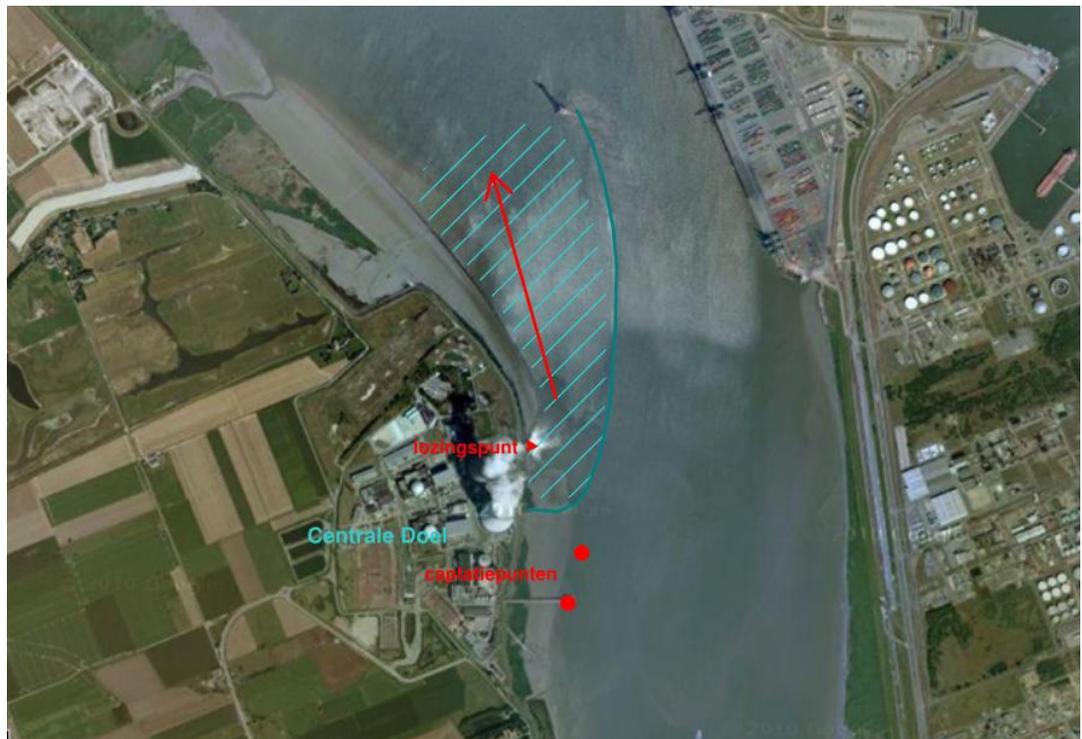
5.1 Vaststellingen

Bij de monitoringscampagnes werden diverse zaken waargenomen. Deze worden per periode in de getijdencyclus besproken in onderstaande paragrafen.

5.1.1 Afgaand water

- ➔ Bij afgaand water vormt zich een pluim in de zone binnen de strekdam, waarbij de temperatuur afneemt in functie van de afstand van het lozingspunt.
- ➔ In de zone tot 200 à 300 m van het lozingspunt blijft de temperatuur nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone.
- ➔ Aan het einde van de strekdam, op een afstand van ongeveer 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt de temperatuurstoename (ΔT) ca. 1°C.
- ➔ De strekdam blijft in de periode na hoogwater nog lange tijd onder water, waardoor het koelwater zich theoretisch over de gehele breedte en diepte van de Schelde kan verspreiden, en het koelwater voortdurend vermengd wordt met vers en koel Scheldewater vanaf stroomopwaartse richting. De zone met waarneembare temperatuursverhoging blijft op die manier beperkt tot een kegel binnen de strekdam (gearceerde zone in Figuur 1).

Figuur 1: Zone met waarneembare temperatuursverhoging bij afgaand water, strekdam onder water



- Vanaf het moment dat de strekdam boven het wateroppervlak komt te liggen (ca. 1,5 uur voor kentering) is er geen toestroom meer mogelijk van vers, koel Scheldewater vanaf stroomopwaartse richting tot in de zone binnen de strekdam, en is er stroomafwaarts geen verdere verspreiding meer mogelijk over de gehele breedte en diepte van de Schelde. De zone met waarneembare temperatuursverhoging wordt dan gedefinieerd als het volledige gebied binnen de strekdam (gearceerde zone in Figuur 2).

Figuur 2: Zone met waarneembare temperatuursverhoging bij afgaand water, strekdam boven water



- Er is een duidelijke thermische stratificatie waarneembaar, waarbij het warmere, minder dense koelwater aan de oppervlakte drijft. Het temperatuurverschil tussen het water aan de oppervlakte en het water op grotere diepte neemt af met toenemende afstand tot het lozingspunt.
- Op een diepte van 2 tot 2,5 m is enkel dicht bij het lozingspunt (< 300 m) een sterke temperatuurstoename waarneembaar. In deze zone komt immers een goede verticale menging voor door de turbulentie veroorzaakt door het instromend koelwater, de geringe waterdiepte en de grillige morfologie. Vermoedelijk komt er ter hoogte van het lozingspunt een diepere zone voor, iets verder stroomafwaarts gevolgd door een duin.

5.1.2

Kentering bij laagwater

- ➔ Bij kentering (doodtij) bij laagwater hoopt het koelwater zich op binnen de strekdam waardoor de temperatuur oploopt in dit gebied. De temperatuur neemt af naargelang men zich verder van het lozingspunt verwijderd.
- ➔ Op een afstand van 400 tot 500 m stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt de temperatuurstoename (ΔT) van het Scheldewater tijdens de kentering aan de oppervlakte gemiddeld 10 à 12°C (bij een ΔT bij lozing van 11 tot 16°C); op een diepte van 2 tot 2,5 m bedraagt deze gemiddeld 6 à 7°C. De temperatuurstoename aan de oppervlakte blijft hoger dan 5°C tot op een afstand van ca. 850 m. Op een diepte van 2 tot 2,5 m is ΔT beperkt tot ca. 3°C op een afstand van 800 m. Op 1250 m afstand stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt ΔT 0,5 à 1°C.

5.1.3

Opkomend water

- ➔ Bij opkomend water wordt de lozingspluim gelegen binnen de strekdam geleidelijk teruggedrongen naar het lozingspunt toe.
- ➔ Naarmate het waterpeil opnieuw stijgt, komt de strekdam vervolgens opnieuw onder water te liggen. Het net geloosde koelwater en opgehoopte water binnen de strekdam wordt uitgespoeld en stroomt over de breedte van de dam, stroomopwaarts.
- ➔ Binnen de strekdam is er na verloop van tijd amper nog een temperatuurstoename meetbaar:
 - Bij monitoringscampagnes 1, 3, 4 en 5 werd in de periode voor hoogwater op ca. 200 m van het lozingspunt (de kortst mogelijke afstand tot het lozingspunt bij hoogwater) geen temperatuursverhoging meer opgemeten. Bij de campagnes 1 en 3 werd deze nagenoeg volledige uitspoeling op minder dan een half uur voor hoogwater vastgesteld; bij campagnes 4 en 5 (winter) al ruim 2,5 uur voor hoogwater.
 - Bij monitoringscampagne 2 werd een dergelijke nagenoeg complete uitspoeling binnen de strekdam niet waargenomen. Wel treedt er een sterke daling van ΔT op in het gebied voorbij de mengzone (i.e. voorbij ca. 200 m van het lozingspunt); er werd nog slechts een ΔT van 1 tot 3°C, voornamelijk oppervlakkig, vastgesteld.
- ➔ Stroomopwaarts, buiten de strekdam, is de impactzone beperkt van omvang; er blijkt zich ten zuiden van het lozingspunt een wolk te vormen → het koelwater wordt min of meer kortgesloten tussen het lozingspunt en de captatiepunten (gearceerde zone in Figuur 3).
- ➔ De impactzone bij opkomend water is meetbaar tot op maximaal 500 m van het lozingspunt in oostelijke richting en reikt maximaal tot 800 m stroomopwaarts van het

lozingspunt (zuidelijke richting). Binnen deze zone bedraagt de temperatuurstoename 1 tot 3°C; uitzonderlijk werd een hogere ΔT gemeten (maximaal 6°C).

Figuur 3: Maximale zone met waarneembare temperatuursverhoging bij opkomend water



5.1.4 Afgaand water, vlak na hoogwater kentering

Na kentering bij hoogwater stroomt het koelwater opnieuw stroomafwaarts.

- ➔ Bij campagnes 4 en 5 (winter) werd het terugdringen van de impactzone buiten de strekdam door het afgaand water gemonitord:
 - Bij campagne 4 werd 1 uur na hoogwater op 300 m stroomopwaarts van het lozingspunt (i.e. het dichtst mogelijke punt voor meting buiten de strekdam) geen temperatuursverhoging meer waargenomen.
 - Bij campagne 5 werd al een kwartier na hoogwater geen temperatuursverhoging buiten de strekdam meer gemeten.
- ➔ De thermische pluim stroomopwaarts buiten de strekdam verdwijnt dus helemaal.
- ➔ Korte tijd na hoogtij stijgt de watertemperatuur in de zone binnen de strekdam opnieuw. De cyclus herhaalt zich, zoals beschreven vanaf § 5.1.1.

5.1.5 Globaal temperatuurverloop per invloedszone over 12 uur

Uit de grafieken waarin de meetgegevens van alle campagnes uitgezet zijn in functie van de tijd (bijlage 4), kan afgeleid worden dat er in de zone van 300-600 m stroomafwaarts van het lozingspunt een sterke temperatuurstoename plaatsvindt vanaf 1,5 uur voor

laagwater tot 3 uur na laagwater. In de zones verder stroomafwaarts van het lozingspunt neemt ΔT steeds verder af en neemt de periode waarin een duidelijke temperatuurstoename waarneembaar is eveneens steeds verder af:

- Op 600-850 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf 1 uur voor laagwater tot 2,5 uur na laagwater.
- Op 850-1000 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf 1 uur voor laagwater tot 2 uur na laagwater.
- Op 1000-1250 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf minder dan 1 uur voor laagwater tot minder dan 2 uur na laagwater.

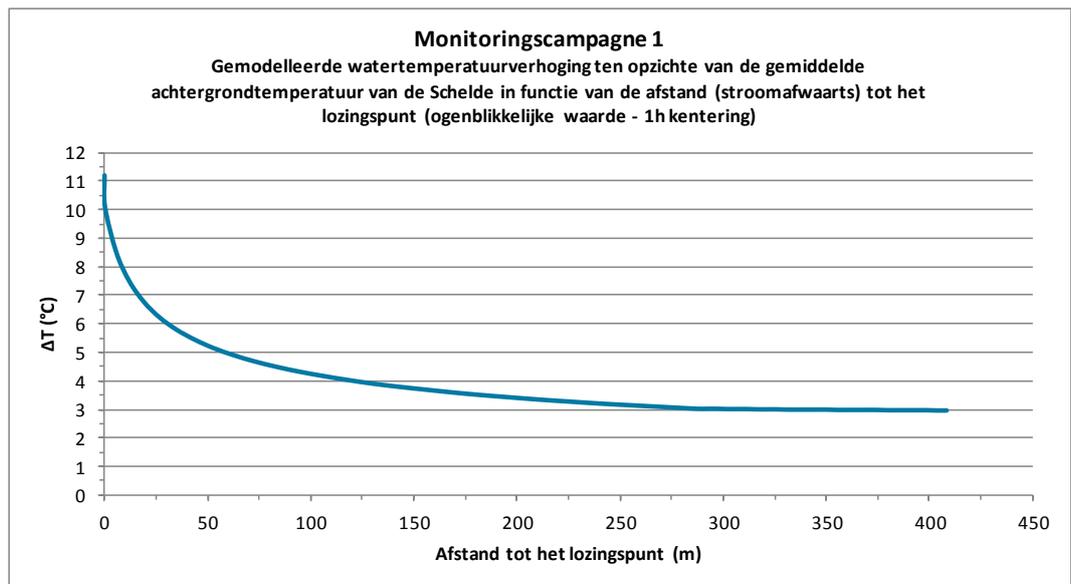
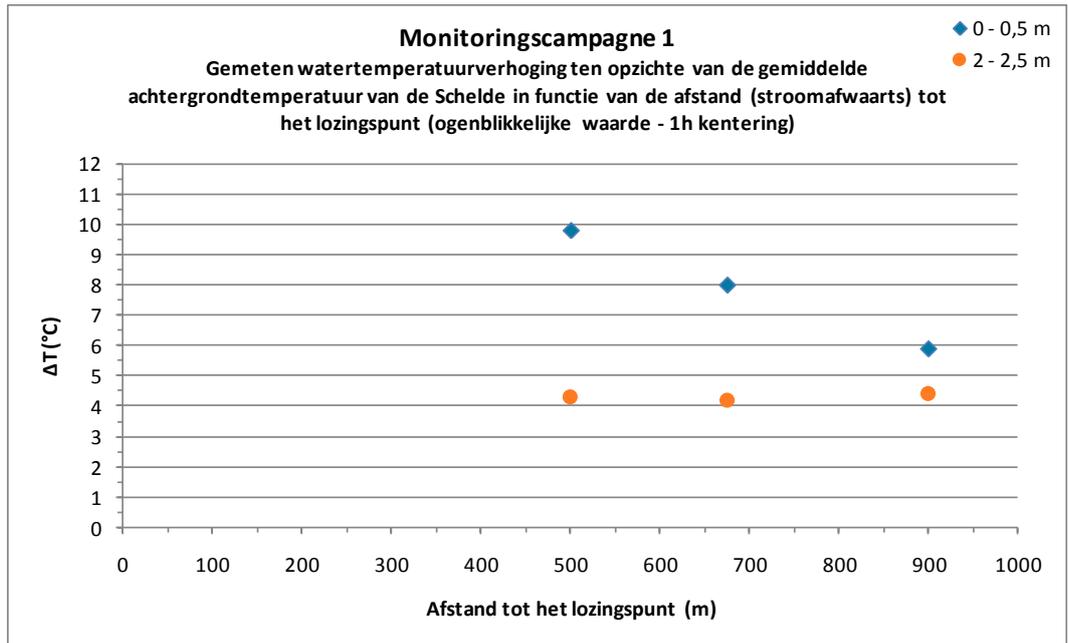
5.2 Toetsing gemeten waarden aan de gemodelleerde waarden

Allereerst dient opgemerkt te worden dat het CORMIX model geen rekening houdt met de thermische stratificatie die duidelijk waargenomen werd bij de monitoring; het model houdt slechts rekening met een waterkolom van 3 meter diep waarin de thermische pluim gemengd wordt. De modelresultaten worden vergeleken met de gemeten waarden op 2 diepten: 0-0,5 m en 2-2,5 m (afzonderlijk uitgezet op de grafieken).

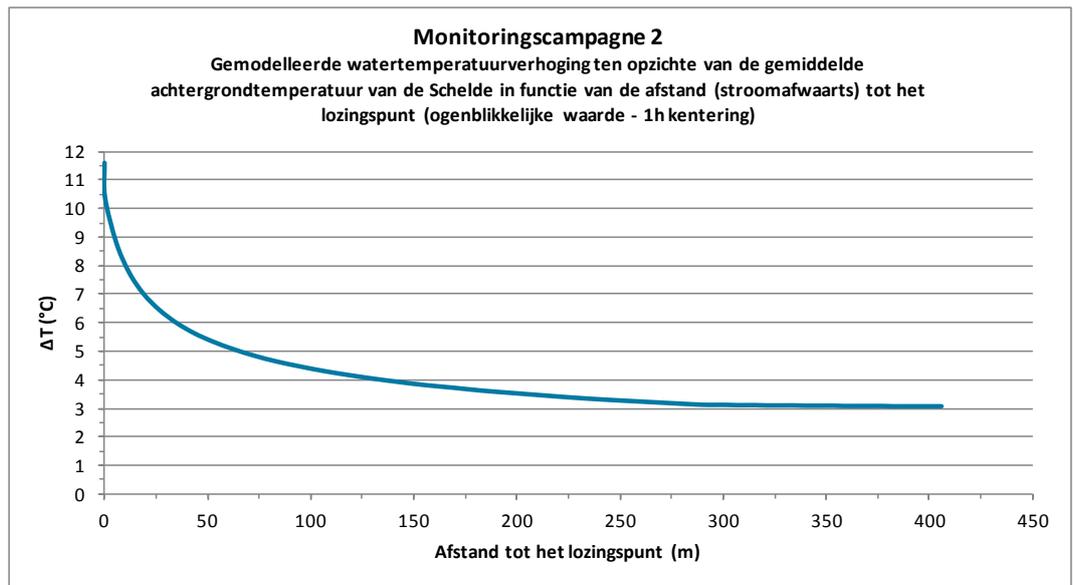
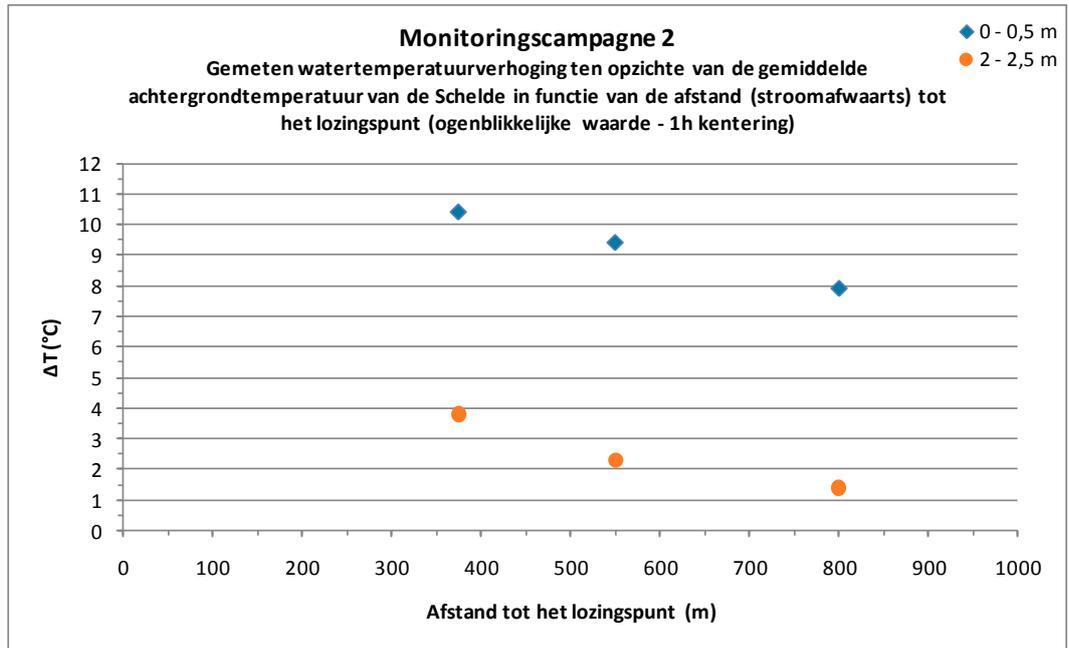
5.2.1 Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – 1 uur kentering bij laagwater

Onderstaande figuren tonen per monitoringscampagne de gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging ten opzichte van de achtergrondtemperatuur van de Schelde in functie van de afstand stroomafwaarts tot het lozingspunt, 1 uur bij kentering bij laagwater.

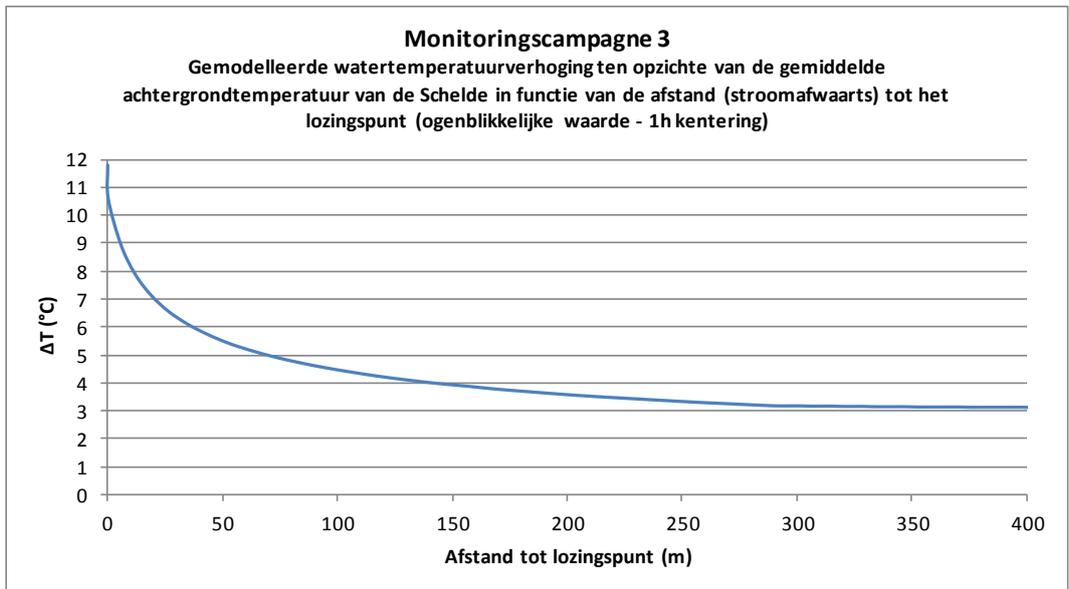
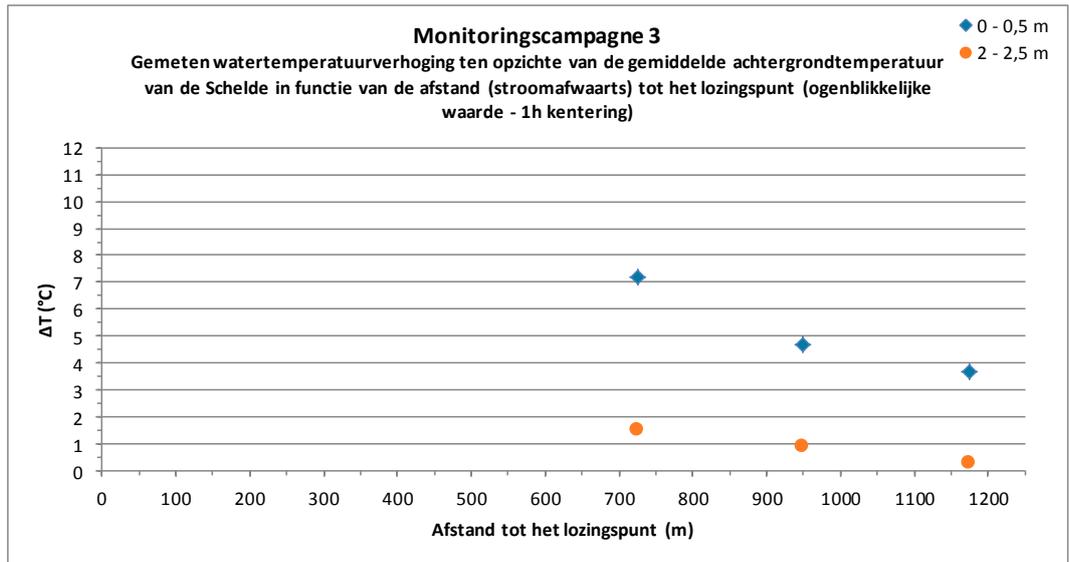
Monitoringscampagne 1



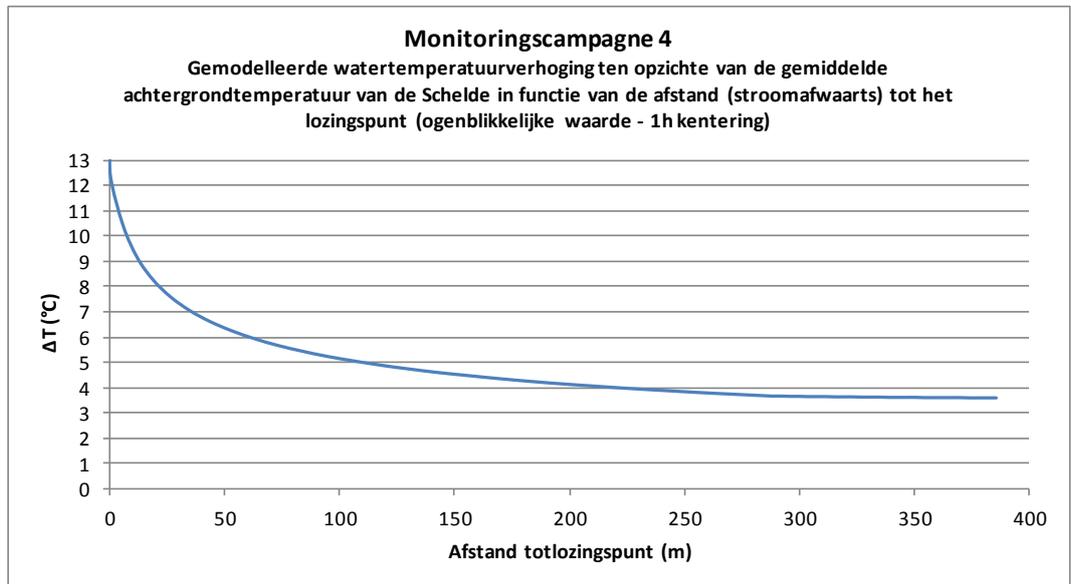
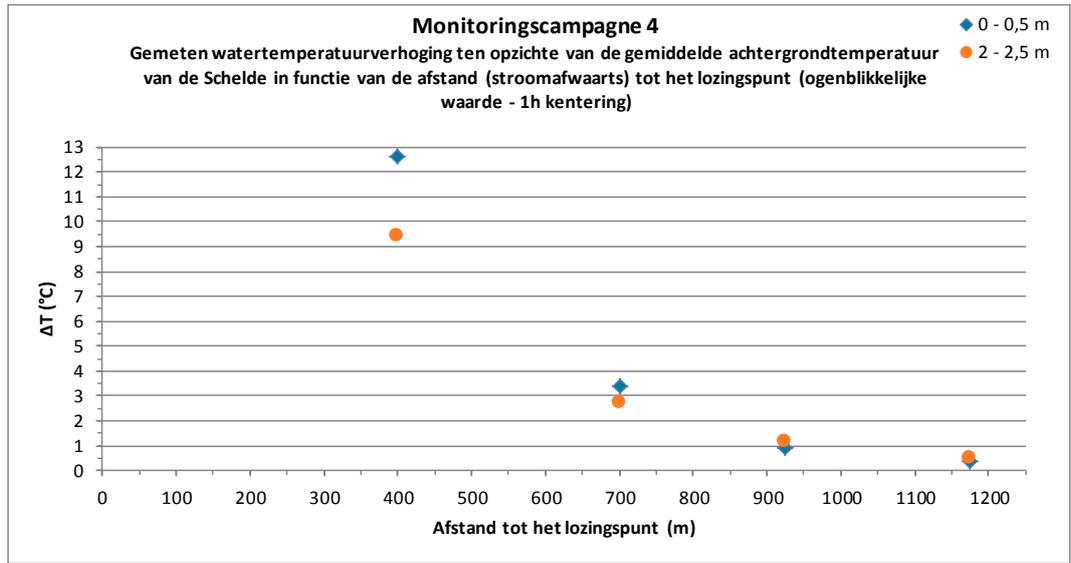
Monitoringscampagne 2



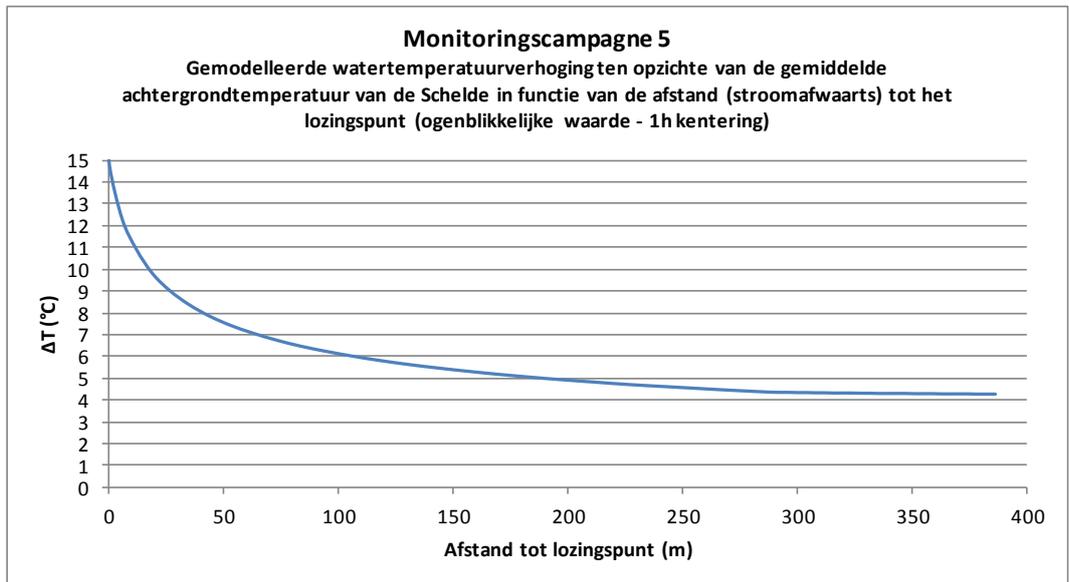
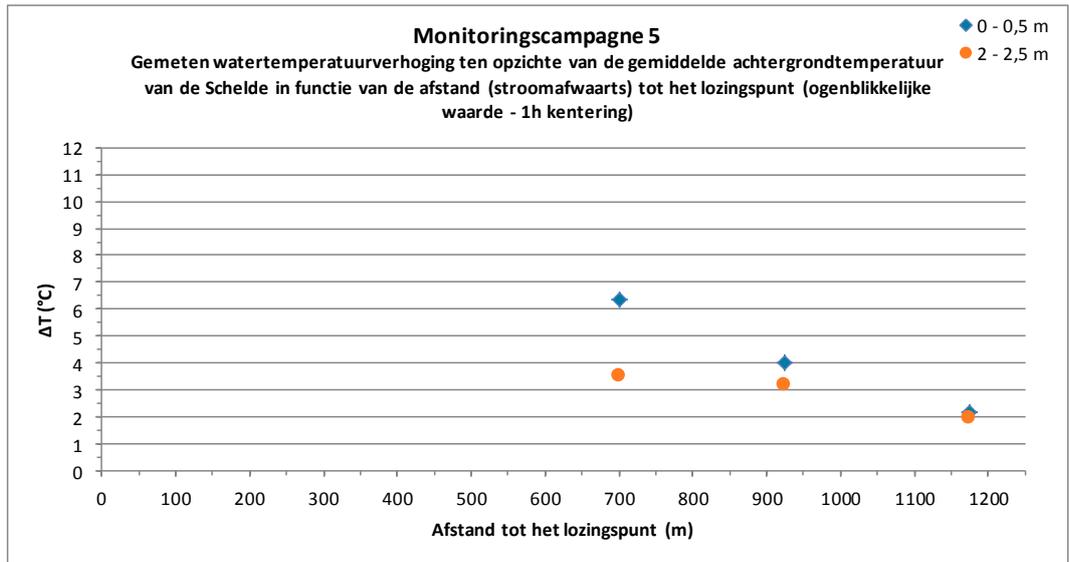
Monitoringscampagne 3



Monitoringscampagne 4



Monitoringscampagne 5



Bespreking

Uit de vergelijking van de gemeten waarden met de gemodelleerde waarden blijkt dat de temperatuurstoename op 400 à 500 m bij kentering bij laagwater zoals gemeten bij de monitoringscampagnes groter is dan zou blijken uit de modellering. Vooral aan de oppervlakte is wegens de stratificatie het verschil groot. Het model laat niet toe tijdens de kentering de temperatuursverhoging na te gaan op grotere afstanden. Voor de voorspelling van de ogenblikkelijke watertemperatuursverhoging bij kentering blijkt het CORMIX model dus niet geschikt te zijn, vooral omwille van de specificiteit van de morfologie en de waterbewegingen stroomafwaarts het lozingspunt. Evenmin geeft het CORMIX model de mogelijkheid de stratificatie-invloed in te schatten. Voor dergelijke specifieke plaatsgebonden modellering is er geen ander bestaand model beschikbaar.

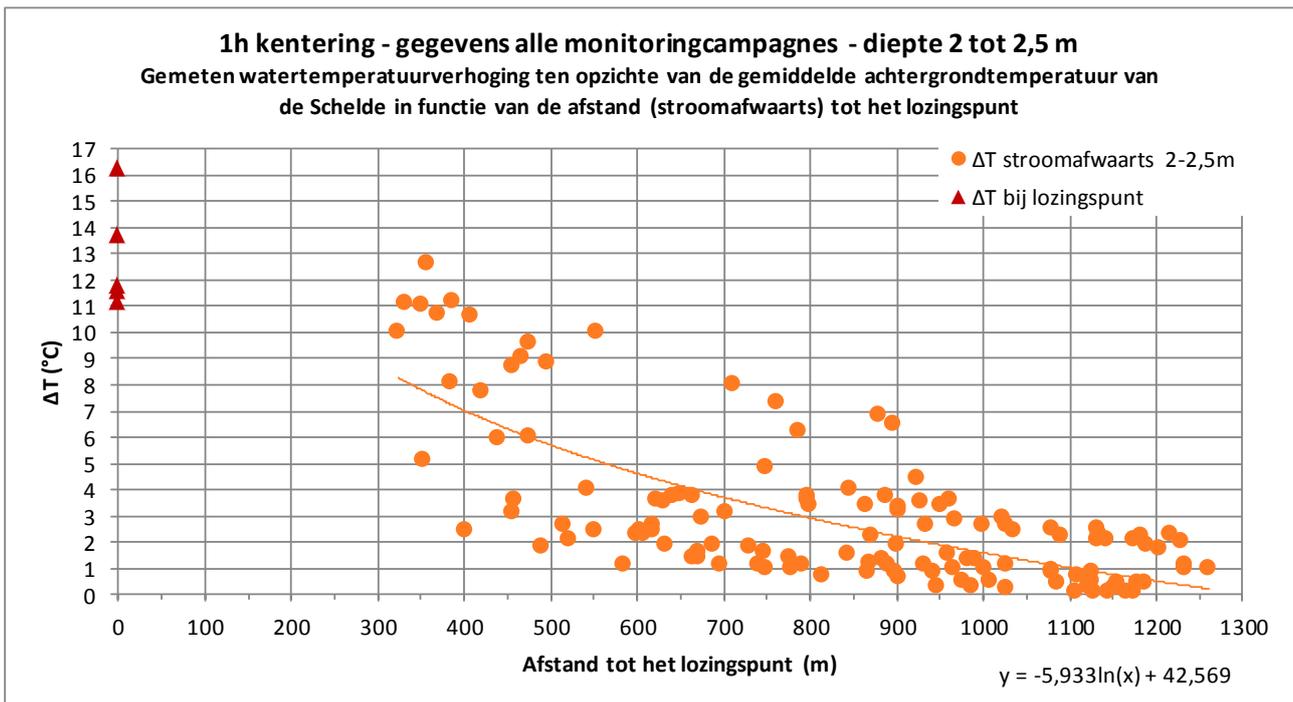
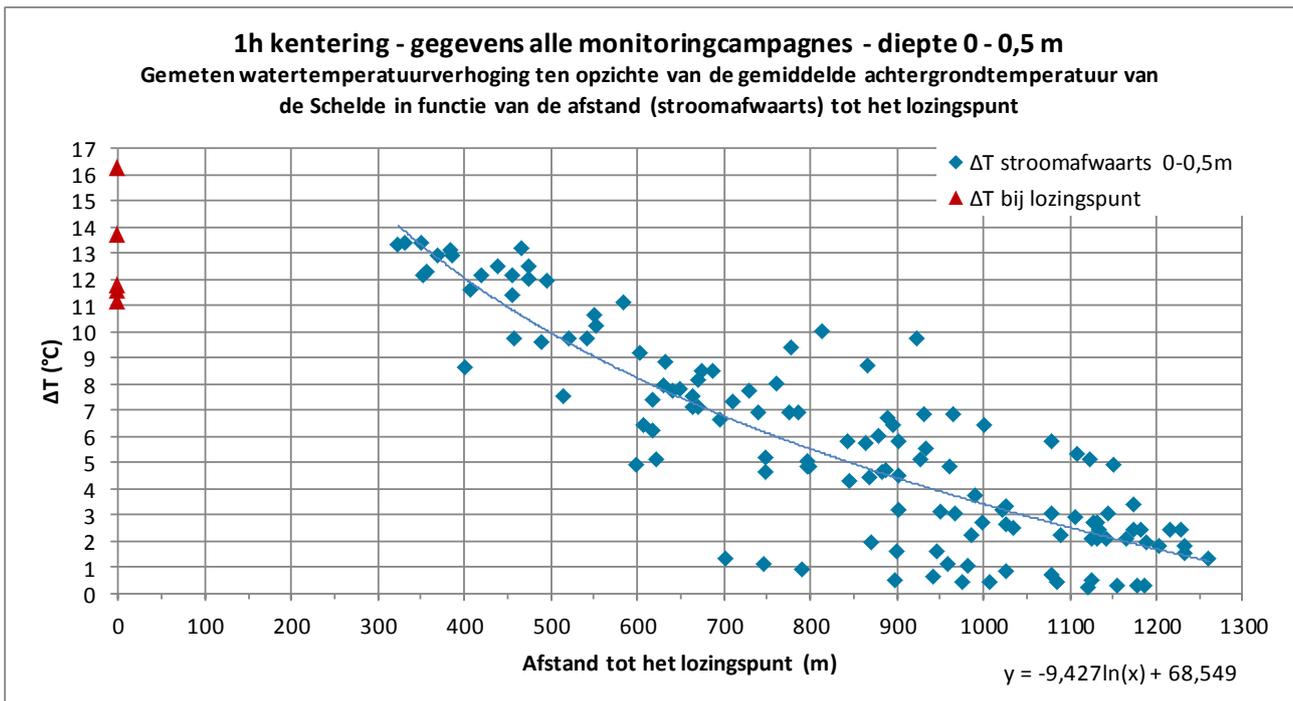
De daling van ΔT met de afstand tot het lozingspunt wordt beter voorspeld op basis van de gemeten waarden van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes. Alle opgemeten temperaturen (1 uur bij kentering bij laagwater, in de zone binnen de strekdam en voorbij de mengzone) werden daarom uitgezet ten opzichte van de afstand tot het lozingspunt, voor beide monitoringsdieptes afzonderlijk (zie onderstaande grafieken). Uit deze grafieken kan het verband tussen ΔT en de afstand tot het lozingspunt (bij kentering) afgeleid worden.

De logaritmische functies die het verband tussen ΔT (y) en de afstand tot het lozingspunt (x) voor elk van de monitoringsdieptes afzonderlijk en 1 uur bij kentering bij laagwater het best beschrijven, zien er als volgt uit:

Diepte	Logaritmische functie
Diepte 0 – 0,5 m	$y = -9,427 \cdot \ln x + 68,549$
Diepte 2 – 2,5 m	$y = -5,933 \cdot \ln x + 52,569$

Hieruit blijkt dat de lozing tijdens kentering van het getij tot de volgende stijging van de watertemperatuur leidt (in het gebied stroomafwaarts van het lozingspunt, binnen de strekdam, buiten de mengzone):

Afstand tot lozingspunt	ΔT op diepte 0-0,5 m	ΔT op diepte 2-2,5 m
500 m	10,0 °C	5,7 °C
750 m	6,1 °C	3,3 °C
1000 m	3,4 °C	1,6 °C
1250 m	1,3 °C	0,3 °C



De waargenomen variaties in ΔT worden verondersteld voornamelijk het gevolg te zijn van volgende factoren:

- Temperatuurverschil tussen het Scheldewater en het koelwater bij lozing: Bij de wintercampagnes (campagnes 4 en 5) lag ΔT bij lozing 2 tot 5°C hoger dan bij de overige monitoringscampagnes, gezien het lagere lozingsdebiet (zie hoofdstuk 3, opmerking 3 bij de tabel). Bijgevolg wordt net voorbij de mengzone (300-400 m stroomafwaarts) een hogere ΔT opgemeten.

- Buitenluchttemperatuur en windsnelheid: Bij lage buitenluchttemperaturen en/of hoge windsnelheid koelt het geloosde water sneller af naar de lucht dan op warme en windstille dagen. De lozingspluim is bijgevolg kleiner in omvang (minder ver uitgestrekt van het lozingspunt vandaan).
- Omwille van de grillige morfologie en waterbewegingen stroomafwaarts van het lozingspunt treden er tot op ca. 600 m stroomafwaarts sterke temperatuursvariaties op → temperatuursmetingen uitgevoerd op enkele meters van elkaar kunnen daardoor meer dan 5°C verschil aangeven.

5.2.2

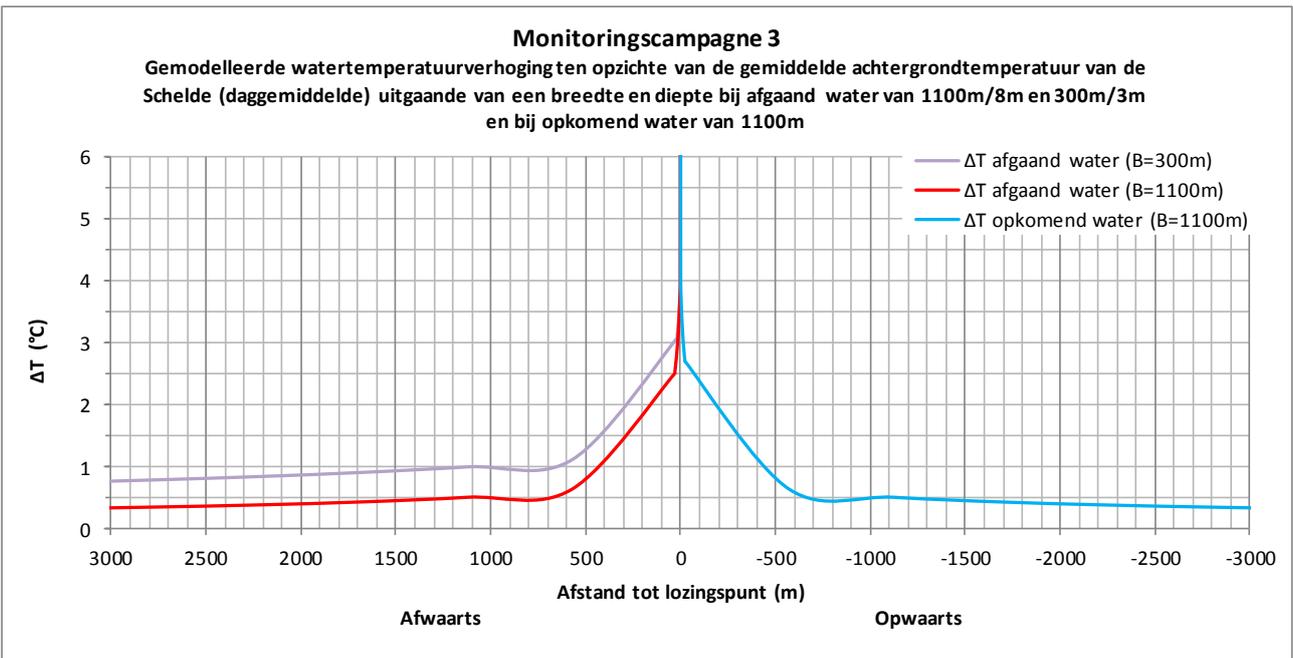
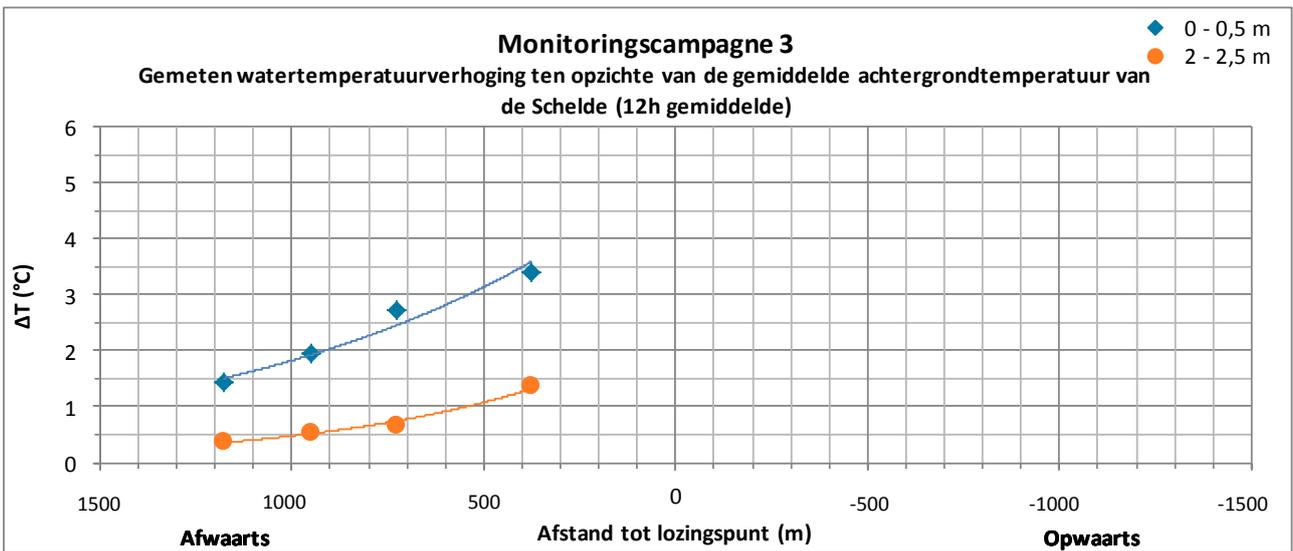
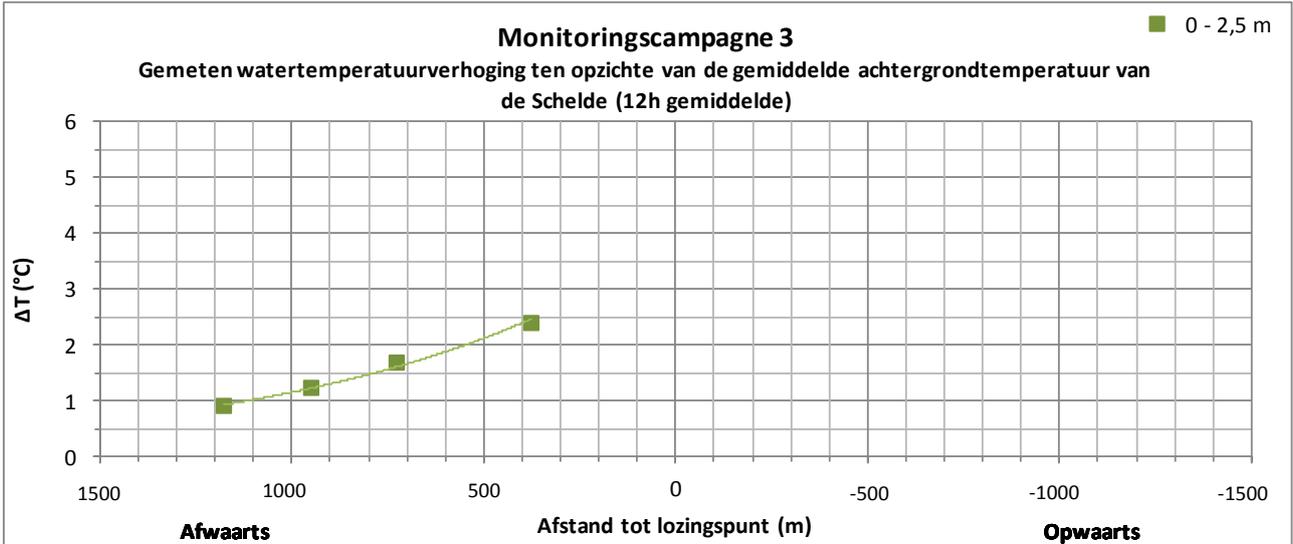
Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – daggemiddelde

Onderstaande figuren tonen de gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging ten opzichte van de achtergrondtemperatuur van de Schelde in functie van de afstand stroomop en -afwaarts tot het lozingspunt, daggemiddelde waarden. Enkel campagne 3 werd zodanig uitgevoerd dat een representatieve toetsing van de gemeten waarden aan de daggemiddelde modelresultaten mogelijk is. De eerste figuur toont de gemeten temperaturen, gemiddeld over 0 tot 2,5 m diepte, terwijl de tweede figuur de gemeten waarden voor de twee gemonitorde dieptes afzonderlijk weergeeft (0-0,5 m en 2-2,5 m).

Uit de vergelijking van de gemeten waarden bij afgaand water met de gemodelleerde waarden bij afgaand water en bij een breedte en diepte van de Schelde van 300m/3m (Plaat van Doel, waarlangs het grootste volume water afkomstig van de koelwaterlozing wegstroomt) blijkt dat de temperatuur in werkelijkheid iets minder sterk exponentieel afneemt dan gemodelleerd. Gemiddeld voor beide dieptes (0-2,5 m) bedraagt de gemodelleerde temperatuurstoename stroomafwaarts 1,3°C op 500 m en 1°C op 1000 m van het lozingspunt. De gemeten gemiddelde waarde van de toename bedraagt 2,1°C op 500 m en 1,2°C op 1000 m. Uit de vergelijking van de gemodelleerde waarden met de gemeten waarden gemiddeld voor beide dieptes (0-2,5 m), blijkt dus een discrepantie van minder dan 1°C.

Wat betreft de oppervlakkige (0-0,5 m) watertemperaturen zijn de verschillen groter. Op 500 m afstand van het lozingspunt geven de modelresultaten een grotere onderschatting van de werkelijke waarden op 0-0,5 m (1,3°C gemodelleerd t.o.v. 3,1°C gemeten). Op grotere diepte is de gemeten waarde quasi gelijk aan de gemodelleerde waarde (1,3°C gemodelleerd t.o.v. 1,1°C gemeten). Op grotere afstand van het lozingspunt neemt de discrepantie tussen de gemodelleerde en gemeten waarden steeds verder af.

Er kan globaal gezien besloten worden dat het CORMIX model voor de daggemiddelde waarden een representatief beeld van de werkelijkheid geeft en voor dergelijke voorspellingen bruikbaar is.



5.3 Overlevingskans van exoten

Tijdens de monitoringscampagnes werd ook nagegaan of de temperatuurverhoging van die aard is dat exoten kunnen overleven en verder ontwikkelen in welbepaalde zones. Bijgevolg werd nagegaan of op bepaalde plaatsen de temperatuur in belangrijke mate verhoogd blijft gedurende de getijdencyclus (Figuur 4):

- Aandachtszone 1: binnen de strekdam, in de zone dicht bij het lozingspunt en bij opkomend water;
- Aandachtszone 2: buiten de strekdam, stroomopwaarts, in de zone tussen het lozingspunt en de captatiepunten bij hoogwater en afgaand water.

Figuur 4: Aandachtszones met betrekking tot overlevingskans van exoten



- ➔ Uit de metingen blijkt dat de thermische pluim stroomopwaarts buiten de strekdam (aandachtzone 2) bij afgaand water relatief snel volledig verdwijnt.
- ➔ Binnen de strekdam (aandachtzone 1) wordt bij opkomend water waargenomen dat nagenoeg de volledige thermische pluim die zich binnen de strekdam had gevormd, wordt uitgespoeld. Na verloop van tijd (na laagwater) is er amper nog een temperatuurstoename meetbaar, behalve in de zone dicht bij het lozingspunt.

Vermoedelijk blijft de temperatuur in de zone dicht bij het lozingspunt (< 200 m, zowel stroomop- als stroomafwaarts) gedurende de gehele getijdencyclus sterk verhoogd tot nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone. In deze zone heerst een

hoge stroomsnelheid en turbulentie, veroorzaakt door het instromend koelwater en de geringe waterdiepte. De omvang van de zone wordt ingeschat op ongeveer 6 ha (= 0,06 km²).

In deze zone, die overeenkomt met de mengzone, hebben warmteminnende exoten bijgevolg mogelijk een verhoogde overlevingskans in koude periodes. De hoge turbulentie maakt de zone echter voor vele soorten veel minder geschikt. Buiten de mengzone is de temperatuurstoename steeds beperkt in de tijd en is er elke dag een belangrijke periode waarbij er geen of een zeer beperkte (< 1°C) temperatuurstoename heerst. De aanwezigheid van warmteminnende exoten wordt buiten de mengzone aldus niet bevorderd.

6 Conclusies

6.1 Watertemperatuurverhoging bij kentering bij laagwater

Zoals in eerder hoofdstuk reeds aangetoond, blijkt het CORMIX model niet geschikt voor de voorspelling van de ogenblikkelijke watertemperatuursverhoging bij kentering bij laagwater. Op basis van de gemeten waarden van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes werden daarom voor beide monitoringsdieptes (0-0,5 m en 2-2,5 m) formules afgeleid die het verband tussen ΔT (y) en de afstand tot het lozingspunt (x) 1 uur bij kentering bij laagwater beschrijven:

Diepte	Logaritmische functie
Diepte 0 – 0,5 m	$y = -9,427 \cdot \ln x + 68,549$
Diepte 2 – 2,5 m	$y = -5,933 \cdot \ln x + 52,569$

Aan de hand van deze formules kan voor elke afstand tot het lozingspunt de temperatuurstoename voorspeld worden, en omgekeerd.

- ➔ ΔT bedraagt tijdens de kentering op 500 m stroomafwaarts 10°C aan de oppervlakte, en 5,7°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ Op 750 m afstand bedraagt ΔT aan de oppervlakte 6,1°C en 3,3°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ Op 1 km afstand bedraagt ΔT aan de oppervlakte 3,4°C en 1,6°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ ΔT daalt naar 1°C op een afstand van 1300 m aan de oppervlakte, en op een afstand van 1100 m op 2-2,5 m diepte.

6.2 Daggemiddelde watertemperatuurverhoging

Uit de bespreking van de resultaten blijkt dat het CORMIX model een representatieve voorspelling geeft voor de daggemiddelde watertemperatuurverhoging van het Scheldewater bij afgaand water.

Op basis van het model, afgetoetst aan de metingen, kunnen volgende daggemiddelde watertemperatuurverhogingen afgeleid worden:

- ➔ Stroomafwaarts:
 - Op 500 m bedraagt ΔT 1 tot 2°C;
 - Vanaf 750 m afstand bedraagt ΔT ca. 1°C of minder.
- ➔ Stroomopwaarts:
 - Op 500 m bedraagt ΔT 0,5 tot 1°C;
 - Vanaf 750 m bedraagt ΔT ongeveer 0,5°C of minder.

6.3 Overlevingskans van exoten

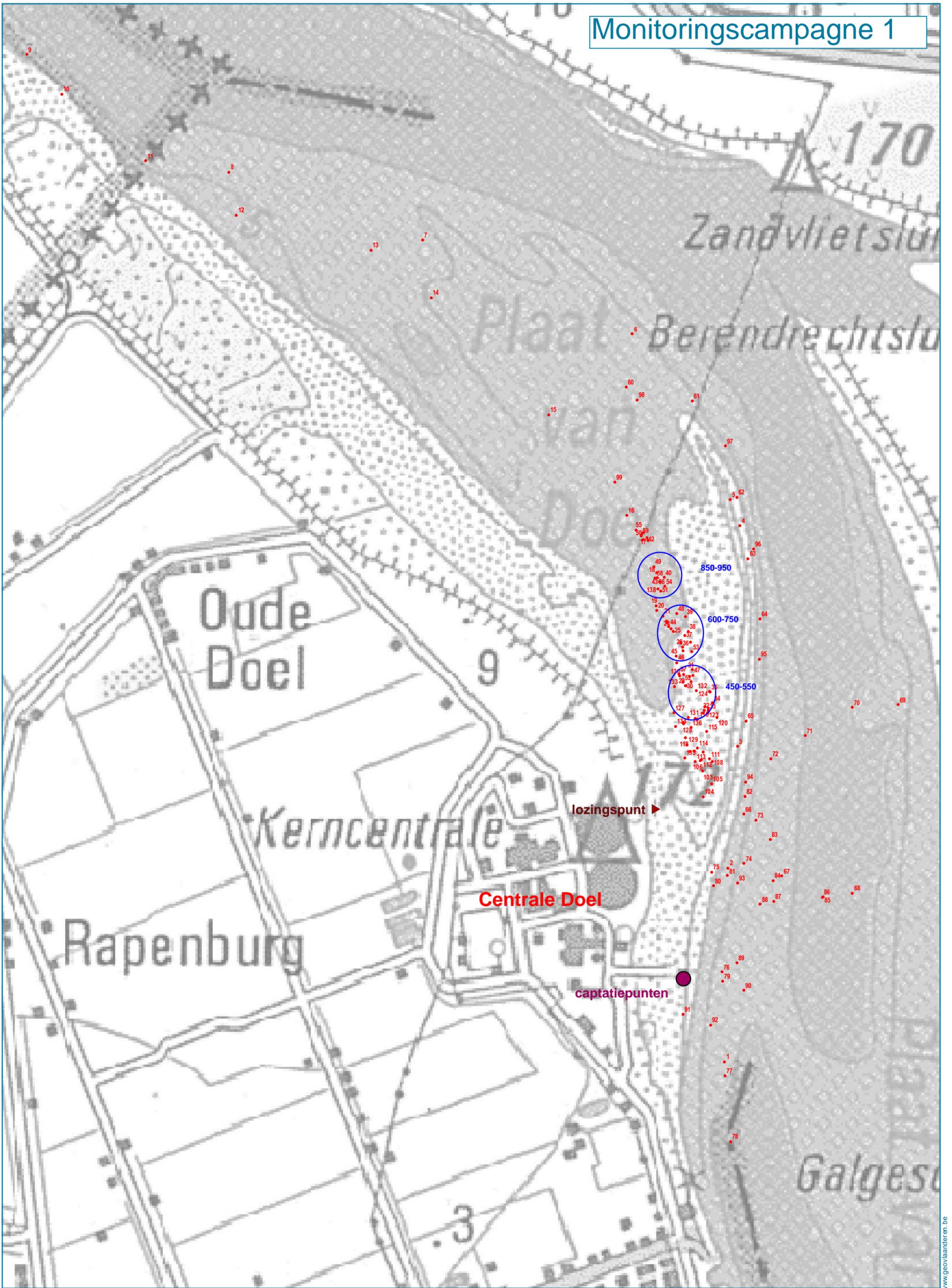
Vermoedelijk blijft de temperatuur in de zone dicht bij het lozingspunt (< 200 m, zowel stroomop- als stroomafwaarts) gedurende de gehele getijdencyclus sterk verhoogd tot nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone. De omvang van de zone wordt ingeschat op ongeveer 6 ha (= 0,06 km²).

In deze zone, die overeenkomt met de mengzone, hebben warmteminnende exoten mogelijk een verhoogde overlevingskans in koude periodes. De hoge turbulentie maakt de zone echter voor vele soorten veel minder geschikt. Buiten de mengzone is de temperatuurstoename steeds beperkt in de tijd en is er elke dag een belangrijke periode waarbij er geen of een zeer beperkte (< 1°C) temperatuurstoename heerst. De aanwezigheid van warmteminnende exoten wordt buiten de mengzone aldus niet bevorderd.

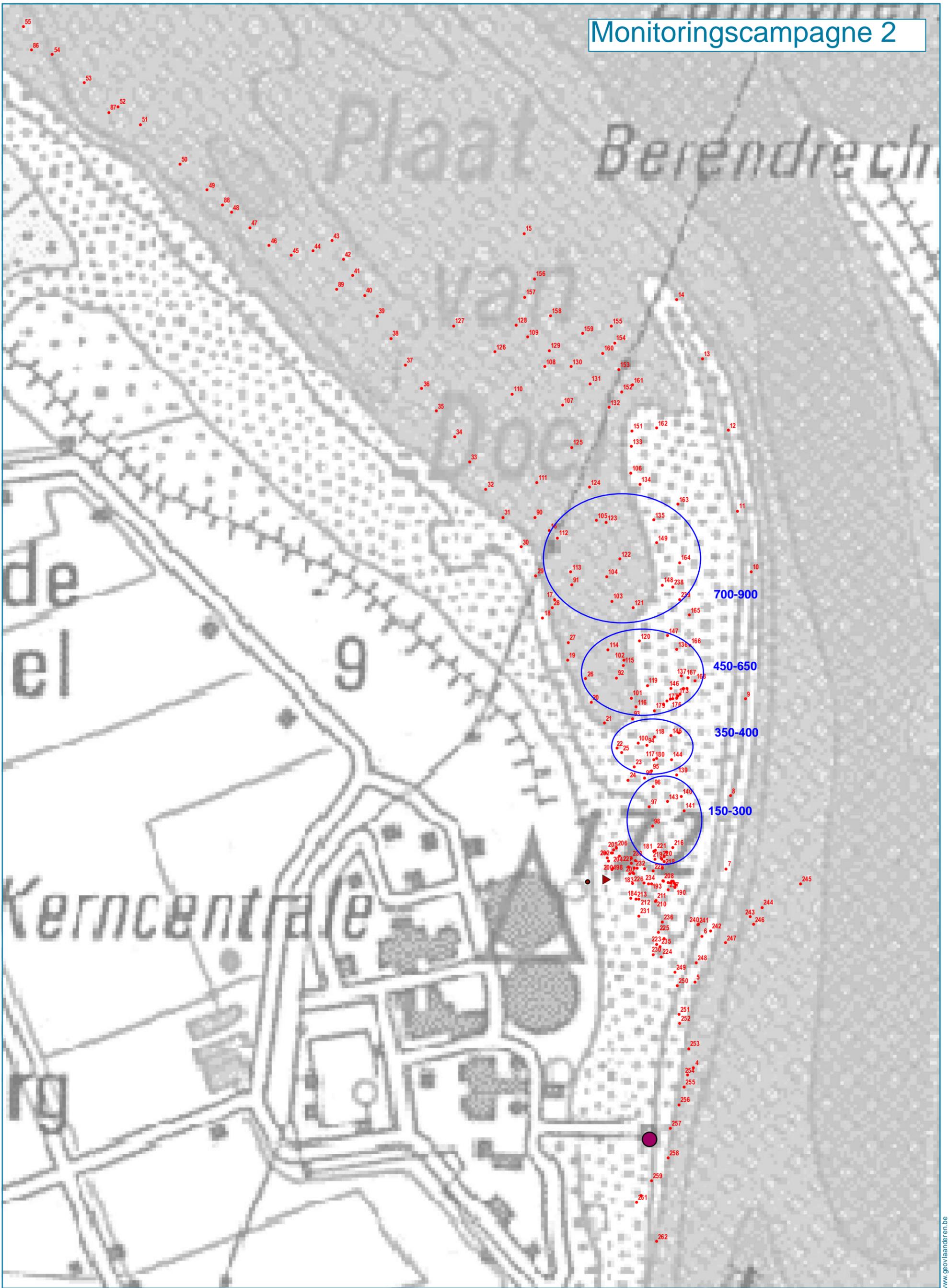
BIJLAGEN

Bijlage 1 Ligging van de meetpunten

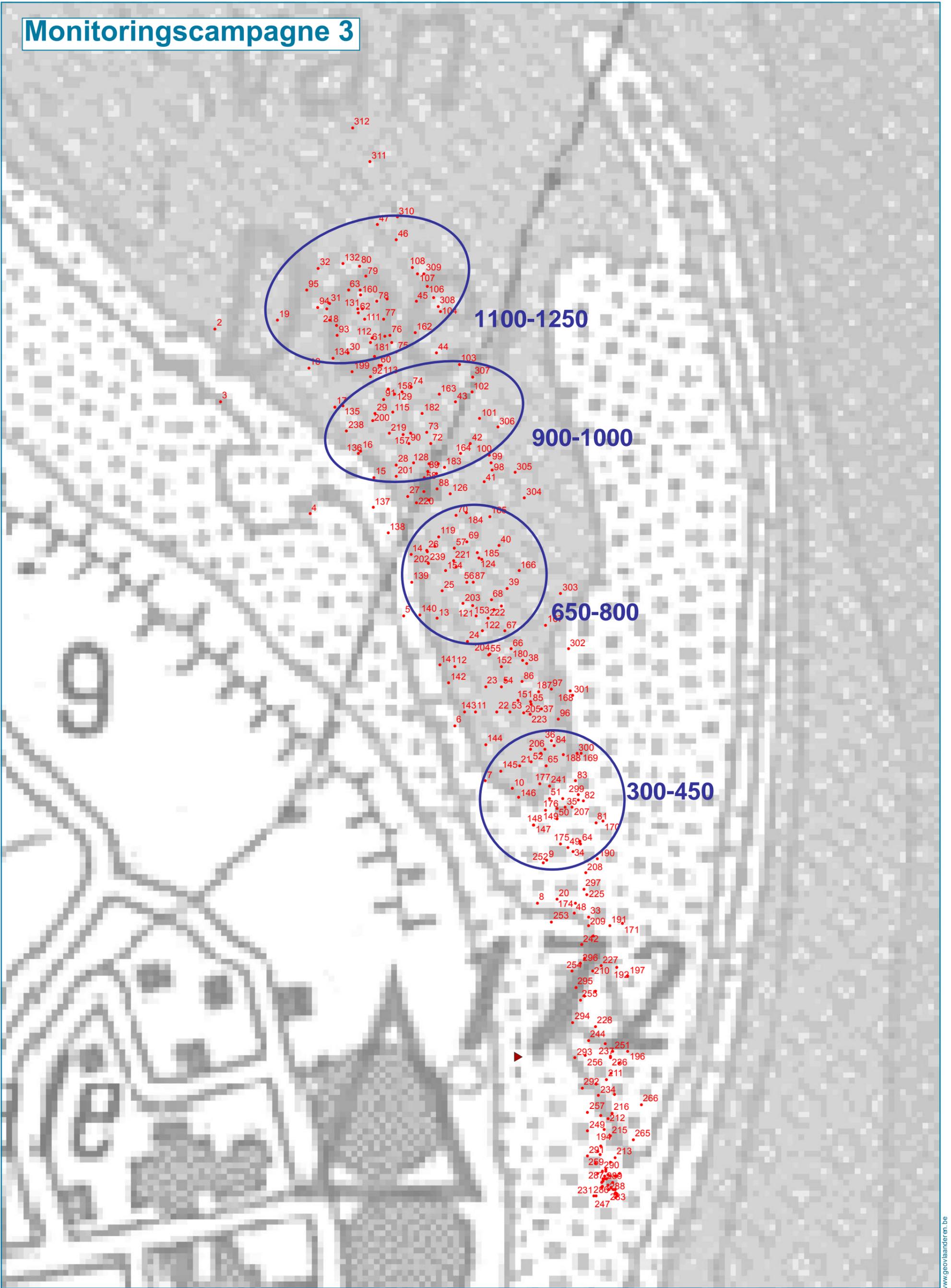
Monitoringscampagne 1



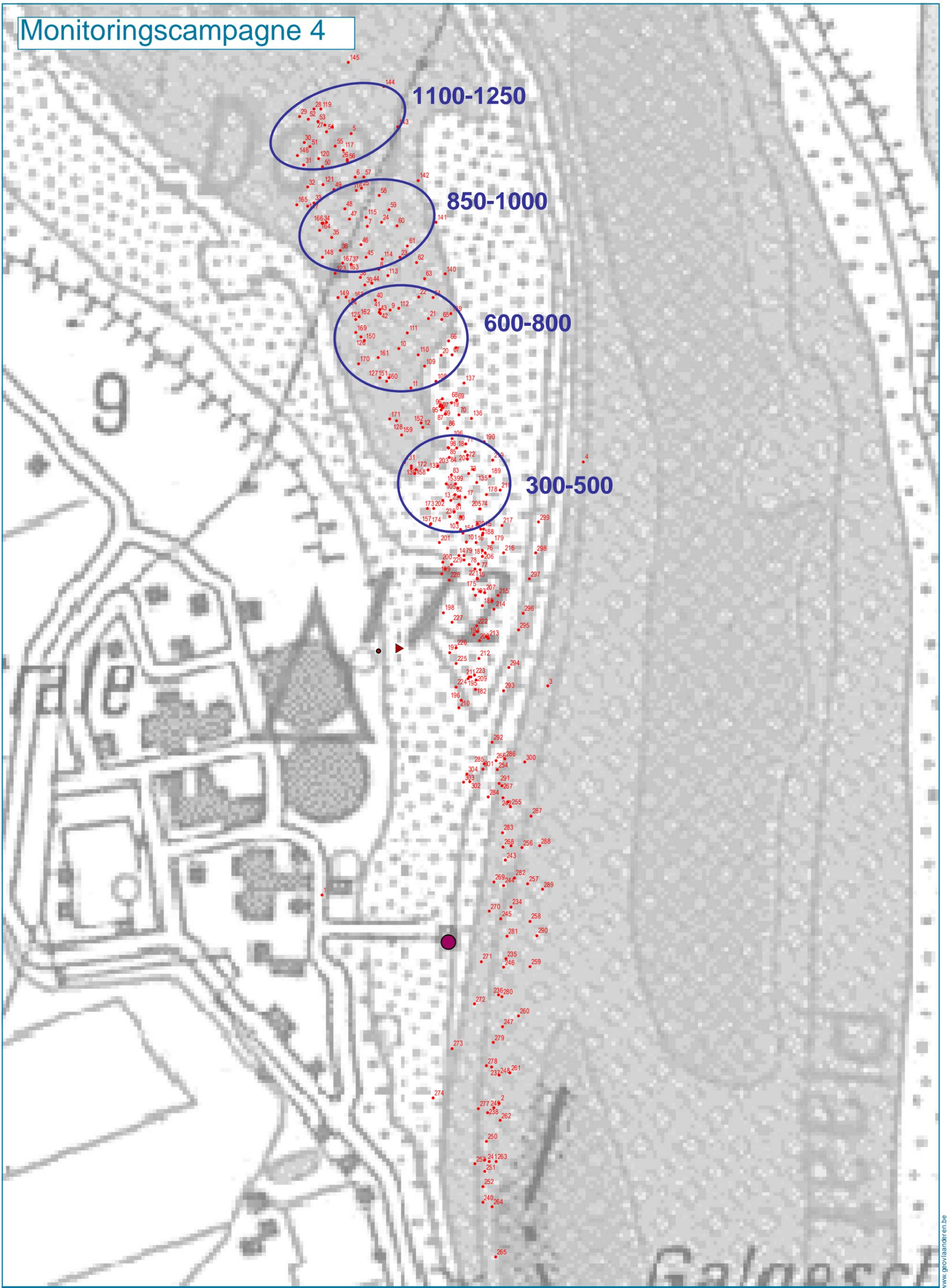
Monitoringscampagne 2



Monitoringscampagne 3



Monitoringscampagne 4



Monitoringscampagne 5



Bijlage 2 Meetresultaten

Monitoringscampagne 1 (16/06/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:43	1	143.008,69	223.221,33	6,73	19,4	6,64	19,4	1014	
7:47	2	143.022,48	223.964,90	6,94	19,4	6,72	19,4	394	
7:49	3	143.057,95	224.430,30	6,94	19,4	6,73	19,4	436	
7:54	4	143.068,37	225.277,70	6,80	19,3	6,74	19,3	1153	
7:58	5	143.031,34	225.377,89	6,93	19,2	6,81	19,2	1238	
8:04	6	142.654,75	226.012,59	7,16	19,2	7,01	19,2	1827	
8:10	7	141.850,50	226.373,54	7,20	19,2	6,99	19,2	2345	
8:16	8	141.107,75	226.634,36	7,23	19,8	7,04	19,8	2919	
8:22	9	140.332,89	227.084,49	7,40	19,5	7,31	19,5	3740	
8:28	10	140.467,30	226.934,05	7,45	19,6	7,29	19,6	3538	
8:33	11	140.787,32	226.677,57	7,14	19,7	7,04	19,7	3139	
8:39	12	141.136,49	226.469,28	7,04	19,7	6,91	19,6	2765	
8:45	13	141.651,87	226.334,91	6,94	19,6	6,83	19,6	2389	
8:51	14	141.883,84	226.152,82	6,88	19,7	6,75	19,6	2128	
9:00	15	142.334,93	225.703,39	6,98	21,0	6,82	20,8	1560	
9:07	16	142.634,01	225.317,23	6,99	21,3	6,88	21,2	1133	
9:12	17	142.715,20	225.220,70	6,89	21,6	6,49	19,8	1035	
9:21	18	142.748,70	225.098,27	7,00	22,5	6,42	20,2	914	
9:26	19	142.746,20	224.970,33	6,99	22,8	6,44	20,3	786	
9:31	20	142.748,51	224.953,63	7,18	23,5	6,43	20,1	769	
9:35	21	142.772,87	224.931,35	7,22	23,7	6,42	20,1	749	
9:41	22	142.786,77	224.910,93	6,47	20,7	6,40	20,1	731	
9:43	23	142.789,09	224.907,22	6,86	22,2	6,45	20,3	727	
9:47	24	142.804,16	224.883,09	7,26	23,8	6,41	20,2	705	
9:53	25	142.812,28	224.871,95	6,66	21,7	6,39	20,0	696	
9:57	26	142.847,04	224.812,56	7,24	24,5	6,43	20,5	644	
10:03	27	142.849,35	224.797,73	6,69	22,0	6,38	20,0	631	
10:11	28	142.874,77	224.699,42	7,13	25,6	6,45	20,8	544	
10:14	29	142.861,94	224.664,21	7,40	27,3	6,46	21,0	506	
10:16	30	142.858,46	224.664,21	6,84	23,6	6,43	20,5	505	
10:21	31	142.884,10	224.725,37	7,33	26,3	6,42	20,5	571	
10:27	32	142.930,35	224.569,54	7,75	29,7	6,63	22,9	449	
10:31	33	142.946,62	224.569,51	7,75	29,0	6,65	22,9	458	
10:33	34	142.962,90	224.597,31	7,60	28,9	6,42	21,1	490	
10:38	35	142.953,68	224.639,98	7,72	29,0	6,50	21,4	522	
10:42	36	142.879,60	224.831,07	7,25	26,4	6,21	20,7	671	
10:45	37	142.856,39	224.855,20	7,49	27,8	6,48	21,2	688	
10:48	38	142.870,36	224.871,87	7,51	27,9	6,30	19,9	708	
10:50	39	142.858,82	224.929,38	7,50	27,3	7,53	26,6	761	
10:52	40	142.777,71	225.079,68	7,33	25,7	7,29	25,8	897	
10:54	41	142.690,84	225.246,70	6,55	20,3	6,31	19,9	1061	
10:56	42	142.711,72	225.231,83	6,63	20,1	6,51	20,1	1046	
11:01	43	142.760,27	225.063,02	7,39	25,3	7,40	26,1	879	laagwater
11:04	44	142.794,89	224.890,52	7,41	26,6	7,44	27,3	711	
11:05	45	142.822,61	224.777,37	7,61	28,5	6,72	21,7	605	
11:09	46	142.824,89	224.753,26	7,64	28,8	6,88	21,2	582	
11:11	47	142.887,55	224.704,96	7,65	29,5	7,60	29,3	553	
11:14	48	142.826,31	224.940,55	7,46	27,6	7,32	27,1	766	
11:17	49	142.737,12	225.120,53	7,16	24,8	6,58	21,9	935	
11:21	50	142.697,82	225.252,25	6,76	20,6	6,47	20,1	1066	
11:25	51	142.763,71	225.027,79	7,24	25,1	6,35	20,8	844	
11:30	52	142.851,54	224.706,87	7,64	29,0	6,84	23,3	543	
11:35	53	142.883,03	224.793,98	7,23	27,2	6,44	21,9	636	
11:39	54	142.778,83	225.044,46	7,39	26,6	7,20	25,6	862	
11:42	55	142.668,78	225.261,57	6,71	20,5	6,62	20,6	1076	
11:46	56	142.751,00	225.077,87	7,34	25,2	7,22	24,9	894	
11:51	57	142.834,12	224.708,74	7,68	29,3	7,61	29,2	541	
11:57	58	142.742,87	225.076,03	7,24	25,2	7,04	24,8	891	
12:00	59	142.688,50	225.239,28	6,87	20,6	6,84	20,8	1053	
12:06	60	142.632,39	225.808,64	6,51	19,6	6,34	19,5	1624	
12:09	61	142.884,34	225.756,38	6,56	19,5	6,43	19,5	1582	
12:13	62	143.055,74	225.387,14	6,94	21,2	6,79	21,0	1254	
12:16	63	143.099,57	225.151,57	6,96	21,6	6,81	21,7	1046	
12:19	64	143.144,55	224.919,72	6,88	22,0	6,74	21,9	860	
12:23	65	143.091,77	224.528,52	6,72	21,9	6,58	21,8	523	
12:26	66	143.083,16	224.170,66	6,87	23,8	6,80	23,8	387	
12:29	67	143.229,23	223.933,11	6,29	19,9	6,16	19,9	590	
12:32	68	143.499,86	223.867,87	6,19	19,6	6,09	19,6	864	
12:39	69	143.675,01	224.590,83	6,66	19,5	6,57	19,5	1059	
12:43	70	143.498,42	224.579,92	6,57	19,6	6,38	19,6	894	
12:45	71	143.318,23	224.472,60	6,83	20,7	6,60	20,6	685	

Monitoringscampagne 1 (16/06/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
12:48	72	143.185,68	224.383,77	6,81	21,0	6,70	20,9	528	
12:51	73	143.129,60	224.148,34	7,29	25,7	7,18	25,4	435	
12:54	74	143.084,07	223.981,51	6,74	22,7	6,54	21,8	438	
12:58	75	142.959,71	223.950,15	6,40	21,0	6,33	21,0	354	
13:04	76	142.999,86	223.566,26	6,62	21,0	6,56	21,0	690	
13:06	77	143.010,94	223.167,56	6,55	20,9	6,45	20,9	1066	
14:32	78	143.032,68	222.915,35	6,69	20,0	6,59	19,9	1314	
14:39	79	143.000,98	223.531,03	6,81	20,6	6,51	20,3	722	
14:44	80	142.965,45	223.896,38	6,88	21,7	6,72	21,5	395	
14:47	81	143.020,11	223.937,10	7,12	24,0	6,83	22,8	408	
14:51	82	143.086,73	224.239,26	6,91	19,4	6,80	19,4	394	
14:55	83	143.184,10	224.074,10	6,92	19,3	6,83	19,4	500	
14:57	84	143.194,35	223.916,46	6,86	20,9	6,76	20,4	566	
15:01	85	143.385,98	223.855,02	6,98	19,5	6,86	19,5	765	
15:04	86	143.383,65	223.853,17	7,05	19,4	6,90	19,4	764	
15:06	87	143.196,58	223.836,73	7,02	19,5	6,90	19,4	610	
15:08	88	143.145,44	223.825,67	7,16	23,7	6,88	22,0	576	
15:14	89	143.055,69	223.601,41	6,79	20,7	6,58	20,5	686	
15:16	90	143.083,42	223.495,68	6,70	20,7	6,61	20,3	791	
15:20	91	142.849,75	223.403,28	6,72	19,6	6,64	19,6	798	
15:23	92	142.955,43	223.362,34	6,64	19,7	6,57	19,6	863	
15:30	93	143.059,58	223.907,37	7,01	19,8	7,13	22,2	458	
15:36	94	143.089,14	224.294,88	7,17	19,2	7,08	19,2	408	
15:43	95	143.143,20	224.765,81	7,48	19,1	7,27	19,1	732	
15:51	96	143.120,52	225.188,63	7,47	19,1	7,31	19,1	1089	
15:57	97	143.011,87	225.583,74	7,42	19,3	7,28	19,3	1433	
16:04	98	142.672,98	225.760,37	7,54	19,3	7,37	19,3	1575	
16:07	99	142.587,74	225.445,26	7,48	19,1	7,41	19,1	1264	
16:10	100	142.697,77	225.226,29	7,53	19,1	7,51	19,0	1040	
16:14	101	142.841,26	224.827,41	7,58	19,0	7,50	18,9	658	
16:17	102	142.926,85	224.558,42	7,61	19,0	7,53	19,0	438	
16:19	103	142.924,22	224.335,90	7,54	19,0	7,46	19,0	273	
16:21	104	142.927,58	224.237,62	7,49	19,1	7,39	19,0	237	
16:25	105	142.959,01	224.287,64	7,57	19,0	7,46	19,1	282	
16:29	106	142.916,15	224.376,70	7,56	19,0	7,49	19,0	291	
16:35	107	142.876,70	224.412,00	7,56	19,0	7,47	19,0	289	
16:41	108	142.961,45	224.372,94	7,62	19,0	7,54	18,9	324	
16:46	109	142.892,96	224.413,82	7,54	19,1	7,49	19,0	301	hoogwater
16:50	110	142.926,64	224.410,07	7,57	19,2	7,51	18,9	321	
16:54	111	142.952,16	224.382,21	7,53	19,0	7,49	19,0	322	
16:56	112	142.920,79	224.380,41	7,65	20,9	7,41	19,8	297	
17:00	113	142.896,39	224.373,03	7,68	22,5	7,54	21,5	274	
17:05	114	142.904,59	224.424,94	7,59	21,4	7,36	19,7	317	
17:09	115	142.940,70	224.487,93	7,54	20,5	7,45	19,1	388	
17:15	116	142.946,63	224.578,79	7,55	19,3	7,57	19,0	466	
17:19	117	142.904,74	224.534,34	7,44	21,1	7,41	19,8	406	
17:23	118	142.859,34	224.463,95	7,46	21,4	7,38	20,6	322	
17:28	119	142.890,64	224.413,84	7,57	22,1	7,51	22,0	299	
17:35	120	142.979,10	224.541,66	7,53	21,6	7,50	21,3	454	
17:40	121	142.932,69	224.582,51	7,58	21,8	7,50	21,4	462	
17:47	122	142.895,46	224.538,07	7,62	22,6	7,44	22,1	404	
17:50	123	142.944,27	224.558,39	7,42	19,9	7,35	19,7	447	
17:52	124	142.951,36	224.641,82	7,62	21,9	7,41	20,2	522	
17:56	125	142.880,54	224.679,01	7,57	22,3	7,32	19,9	526	
18:01	126	142.850,13	224.523,29	7,62	22,4	7,54	21,9	371	
18:05	127	142.814,17	224.560,43	7,58	22,3	7,37	19,7	393	
18:11	128	142.852,44	224.515,87	7,58	22,0	7,46	21,5	365	
18:17	129	142.866,28	224.437,96	7,49	21,6	7,37	19,4	304	
18:25	130	142.837,60	224.701,32	7,50	19,9	7,42	19,5	534	
18:34	131	142.868,74	224.541,80	7,42	19,6	7,34	19,7	395	
18:39	132	142.901,41	224.645,61	7,46	19,2	7,38	19,1	503	
18:42	133	142.816,64	224.660,55	7,63	20,6	7,46	20,2	490	
18:44	134	142.821,07	224.508,49	7,62	22,1	7,50	22,0	346	
18:47	135	142.855,75	224.387,92	7,48	21,1	7,25	19,6	257	
18:54	136	142.881,47	224.502,84	7,29	19,2	7,22	19,2	367	
18:56	137	142.850,34	224.677,19	7,38	19,2	7,29	19,2	515	
19:00	138	142.753,26	225.035,22	7,42	19,2	7,32	19,2	851	
19:02	139	142.693,12	225.222,59	7,51	19,1	7,40	19,1	1037	
lozingspunt		142.696,32	224.186,02						

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:17	1	142.908,75	222.362,93	6,93	19,6	6,94	19,6	1835	
7:30	2	142.979,27	222.937,67	7,07	19,5	7,22	19,4	1280	
7:37	3	142.790,91	222.861,91	7,35	19,4	7,52	19,3	1327	
7:40	4	142.961,73	223.720,22	7,38	19,4	7,49	19,3	536	
7:44	5	142.965,50	223.935,32	7,37	19,3	7,48	19,3	368	
7:46	6	142.983,09	224.050,26	7,44	19,3	7,50	19,4	317	
7:49	7	143.043,72	224.218,92	7,54	19,3	7,53	19,3	349	
7:52	8	143.054,42	224.402,48	7,62	19,3	7,53	19,3	418	
7:55	9	143.091,93	224.645,35	7,60	19,3	7,59	19,3	606	
7:59	10	143.106,28	224.964,28	7,63	19,4	7,57	19,4	880	
8:01	11	143.071,65	225.116,38	7,58	19,4	7,57	19,4	1003	
8:03	12	143.048,68	225.318,53	7,60	19,5	7,62	19,6	1186	
8:05	13	142.983,88	225.498,48	7,65	19,6	7,63	19,7	1344	
8:07	14	142.919,04	225.646,92	7,64	19,7	7,60	19,7	1478	
8:12	15	142.537,17	225.812,49	7,69	19,4	7,59	19,4	1634	
8:28	16	142.599,98	225.066,96	7,26	19,4	7,24	19,4	886	
8:33	17	142.612,52	224.894,50	7,12	19,4	7,09	19,4	713	
8:35	18	142.583,41	224.848,16	7,53	22,5	7,47	21,5	672	
8:38	19	142.645,98	224.742,38	7,51	23,6	7,06	20,0	559	
8:41	20	142.705,08	224.636,61	7,38	22,4	7,38	22,1	451	
8:43	21	142.737,53	224.584,64	7,42	22,4	7,19	20,8	401	
8:46	22	142.769,97	224.521,55	7,38	22,0	7,25	20,7	344	
8:48	23	142.812,89	224.475,14	7,24	19,8	7,20	19,6	312	
8:51	24	142.797,74	224.441,78	7,40	21,9	7,22	20,1	275	
8:53	25	142.781,57	224.510,40	7,39	21,7	7,25	20,3	335	
8:57	26	142.691,22	224.695,97	7,42	22,0	7,32	21,0	510	
8:59	27	142.647,21	224.786,89	7,39	22,2	7,47	22,3	603	
9:01	28	142.606,68	224.874,09	7,46	23,1	7,35	22,2	694	
9:03	29	142.566,14	224.953,89	7,34	23,5	7,24	20,1	779	
9:05	30	142.529,07	225.026,26	7,36	22,7	7,24	19,9	857	
9:08	31	142.483,88	225.100,50	7,35	22,4	7,22	20,3	939	
9:10	32	142.441,00	225.171,03	7,32	22,6	7,23	20,5	1018	
9:12	33	142.400,45	225.239,70	7,27	22,8	7,23	20,1	1094	
9:14	34	142.362,20	225.302,81	7,27	22,5	7,24	19,9	1166	
9:16	35	142.317,01	225.367,77	7,29	22,9	7,23	20,2	1241	
9:18	36	142.279,92	225.423,45	7,34	23,0	7,24	20,3	1306	
9:19	37	142.239,36	225.482,85	7,28	22,8	7,23	19,9	1375	
9:22	38	142.202,29	225.549,67	7,41	23,0	7,27	20,1	1450	
9:24	39	142.168,70	225.605,34	7,35	23,2	7,24	20,0	1514	
9:26	40	142.136,26	225.657,32	7,46	23,5	7,29	20,5	1574	
9:28	41	142.106,13	225.707,43	7,43	23,2	7,29	20,5	1632	
9:30	42	142.082,96	225.748,26	7,39	23,0	7,27	20,6	1678	
9:32	43	142.055,16	225.794,66	7,29	23,2	7,24	20,2	1732	
9:34	44	142.007,51	225.768,77	7,47	23,1	7,14	20,3	1726	
9:36	45	141.952,90	225.757,74	7,49	23,0	7,27	20,8	1739	
9:38	46	141.897,19	225.781,92	7,46	22,5	7,10	19,9	1785	
9:40	47	141.848,49	225.826,51	7,03	20,4	7,10	19,7	1847	
9:42	48	141.803,25	225.865,52	7,19	20,9	7,11	19,7	1902	
9:44	49	141.741,79	225.921,25	7,41	22,1	7,12	19,6	1980	
9:46	50	141.673,36	225.986,25	7,40	22,5	7,19	19,6	2071	
9:48	51	141.573,66	226.086,54	7,39	22,3	7,21	19,6	2207	
9:50	52	141.517,99	226.131,14	7,37	22,1	7,18	20,0	2274	
9:52	53	141.433,31	226.190,63	7,13	21,1	7,23	19,7	2369	
9:53	54	141.353,30	226.261,22	7,16	20,8	7,22	19,6	2472	
9:55	55	141.280,25	226.331,81	7,19	20,6	7,23	19,5	2571	
9:58	56	141.150,35	226.424,74	7,22	20,8	7,23	19,5	2721	
9:59	57	141.088,89	226.478,63	7,19	20,2	7,23	19,4	2800	
10:01	58	141.036,74	226.536,20	7,17	20,4	7,23	19,5	2877	
10:02	59	140.986,88	226.582,65	7,13	20,3	7,21	19,5	2944	
10:03	60	140.943,98	226.617,95	7,13	20,2	7,20	19,5	2997	
10:05	61	140.908,04	226.647,68	7,13	20,2	7,19	19,5	3043	
10:07	62	140.812,98	226.738,72	7,16	20,3	7,20	19,5	3172	
10:09	63	140.763,16	226.801,85	7,19	20,6	7,20	19,5	3253	
10:11	64	140.660,02	226.913,29	7,17	20,5	7,19	19,4	3404	
10:12	65	140.584,66	226.983,90	7,15	20,4	7,19	19,4	3505	
10:15	66	140.493,11	227.074,93	7,12	20,1	7,21	19,4	3633	
10:17	67	140.437,48	227.136,23	7,14	20,0	7,21	19,4	3716	
10:19	68	140.343,65	227.251,36	7,23	20,5	7,22	19,4	3864	
10:20	69	140.248,68	227.375,79	7,26	20,5	7,23	19,5	4021	
10:22	70	140.174,49	227.442,69	7,19	20,3	7,23	19,4	4119	
10:24	71	140.078,37	227.567,11	7,26	20,8	7,27	19,5	4276	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
10:26	72	140.038,99	227.619,10	7,16	20,2	7,28	19,4	4341	
10:28	73	139.948,71	227.758,35	7,18	20,2	7,30	19,4	4507	
10:29	74	139.878,11	227.875,32	7,26	19,9	7,34	19,4	4643	
10:30	75	139.841,05	227.919,89	7,28	20,1	7,34	19,4	4700	
10:32	76	139.761,18	228.033,17	7,23	20,0	7,33	19,5	4839	
10:34	77	139.695,18	228.124,15	7,25	19,9	7,34	19,5	4951	
10:35	78	139.611,89	228.268,96	7,25	19,9	7,33	19,5	5117	
10:38	79	139.569,13	228.363,62		19,9	7,35	19,4	5218	
10:44	80	139.729,88	228.055,48		20,1	7,36	19,5	4876	
10:53	81	140.000,62	227.587,65	7,47	20,6	7,35	19,9	4340	
10:56	82	140.136,05	227.377,86	7,55	21,3	7,41	20,4	4092	
11:01	83	140.438,43	227.019,40	7,54	21,8	7,48	21,0	3623	
11:03	84	140.574,02	226.876,37	7,45	21,4	7,42	20,6	3427	
11:07	85	140.892,79	226.558,71	7,46	21,7	7,46	20,6	2980	
11:11	86	141.301,06	226.272,43	7,48	21,9	7,50	21,3	2510	
11:13	87	141.494,73	226.116,35	7,35	21,5	7,36	21,0	2274	
11:17	88	141.780,05	225.884,09	7,53	21,9	7,42	21,2	1930	
11:20	89	142.066,59	225.672,26	7,59	23,4	7,64	22,9	1614	
11:28	90	142.564,03	225.100,39	7,43	25,8	7,10	20,7	924	
11:30	91	142.655,54	224.931,51	7,67	28,9	7,05	20,7	747	
11:35	92	142.767,89	224.697,72	7,65	29,6	7,06	21,0	517	
11:37	93	142.808,41	224.595,67	7,63	30,0	7,27	23,5	425	
11:39	94	142.844,33	224.528,86	7,58	30,0	7,11	23,2	373	
11:41	95	142.855,86	224.463,94	7,59	30,2	7,23	24,0	320	
11:43	96	142.860,45	224.425,00	7,56	30,2	7,21	24,3	290	
11:45	97	142.851,09	224.374,94	7,55	30,0	7,31	25,1	244	
11:46	98	142.859,15	224.326,72	7,48	29,0	7,28	25,5	215	
11:50	99	142.838,41	224.447,28	7,40	28,6	7,21	24,9	297	
11:51	100	142.823,43	224.534,45	7,54	29,6	7,15	23,9	371	
11:53	101	142.806,16	224.647,59	7,45	29,0	7,08	22,2	474	
11:55	102	142.786,54	224.742,20	6,91	23,1	7,06	20,9	563	
11:58	103	142.756,55	224.890,57	6,90	22,6	7,02	20,4	707	
11:59	104	142.743,85	224.951,79	7,11	23,7	6,99	20,5	767	
12:02	105	142.717,34	225.092,76	6,94	22,2	6,95	20,2	907	
12:03	106	142.804,62	225.211,31	6,88	21,3	6,92	19,9	1031	
12:06	107	142.632,95	225.382,15	6,91	21,9	6,95	20,0	1198	
12:08	108	142.588,96	225.478,64	6,89	21,3	6,94	19,8	1297	
12:09	109	142.544,93	225.552,87	6,91	21,3	6,93	19,7	1375	
12:14	110	142.506,40	225.410,14	7,47	26,5	7,04	20,0	1239	
12:18	111	142.568,78	225.187,53	7,42	26,5	7,03	20,2	1010	
12:20	112	142.620,87	225.048,94	7,56	28,2	7,02	20,3	866	
12:22	113	142.653,27	224.963,04	7,57	28,9	7,07	20,5	778	
12:27	114	142.747,08	224.768,20	7,62	30,6	7,14	20,6	584	
12:29	115	142.785,36	224.729,21	7,53	30,1	7,11	21,9	550	
12:32	116	142.817,75	224.625,32	7,54	30,9	7,15	22,6	456	
12:34	117	142.868,68	224.495,45	7,62	31,6	7,14	24,6	354	
12:39	118	142.862,95	224.551,08	7,31	28,1	7,02	21,9	401	laagwater
12:41	119	142.845,70	224.679,06	7,18	27,0	7,01	22,1	515	
12:43	120	142.826,10	224.790,34	7,18	25,7	7,12	21,9	618	
12:45	121	142.809,97	224.873,81	7,24	26,1	6,97	20,6	697	
12:47	122	142.777,60	224.996,24	7,62	29,5	6,87	20,2	814	
12:48	123	142.742,88	225.087,15	6,94	22,7	6,91	20,1	902	
12:50	124	142.701,19	225.176,22	7,32	25,1	6,91	19,9	990	
12:52	125	142.656,03	225.276,41	7,14	23,6	6,91	19,9	1091	
12:58	126	142.463,57	225.515,90	6,98	21,3	6,92	19,8	1350	
13:00	127	142.359,13	225.580,95	7,19	21,8	7,15	20,0	1435	
13:04	128	142.515,93	225.582,58	7,17	22,3	7,20	20,5	1408	
13:06	129	142.600,63	225.519,41	7,42	25,9	7,14	20,6	1337	
13:07	130	142.655,16	225.478,54	7,54	28,0	6,96	20,0	1293	
13:08	131	142.701,56	225.435,83	7,48	27,7	7,01	20,0	1250	
13:10	132	142.750,26	225.376,42	7,52	28,7	6,91	20,0	1192	
13:12	133	142.805,87	225.278,06	7,53	29,6	6,89	20,4	1098	
13:14	134	142.827,81	225.183,47	7,49	30,0	6,86	20,4	1006	
13:15	135	142.862,53	225.094,40	7,41	29,2	7,08	23,9	923	
13:21	136	142.919,02	224.769,82	7,54	31,5	6,97	22,8	625	
13:22	137	142.930,54	224.703,05	7,58	31,9	6,90	22,9	568	
13:24	138	142.925,70	224.560,27	7,56	31,9	6,94	22,3	439	
13:26	139	142.919,74	224.454,59	7,59	32,0	7,75	30,3	349	
13:27	140	142.931,29	224.400,79	7,61	31,7	7,62	30,1	318	
13:28	141	142.938,21	224.365,56	7,44	30,4	7,44	28,8	301	
13:32	142	142.864,85	224.243,27	7,47	30,7	7,33	27,5	178	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
13:34	143	142.896,41	224.387,86	7,65	31,2	7,65	29,6	284	
13:35	144	142.907,01	224.493,54	7,61	31,1	6,96	23,7	373	
13:36	145	142.904,78	224.552,88	7,58	30,8	7,07	23,9	422	
13:38	146	142.904,94	224.671,56	7,61	31,2	7,01	23,3	528	
13:40	147	142.895,82	224.803,23	7,25	27,1	7,07	22,9	649	
13:42	148	142.883,22	224.931,19	7,33	27,9	7,01	22,4	768	
13:43	149	142.869,42	225.036,91	7,50	29,9	7,33	26,0	868	
13:45	150	142.845,23	225.177,88	7,49	29,8	7,03	22,3	1003	
13:47	151	142.807,09	225.317,00	7,28	25,5	7,30	22,4	1136	
13:48	152	142.781,68	225.415,32	6,90	21,2	7,01	20,5	1232	
13:49	153	142.774,78	225.470,95	6,88	20,7	6,99	20,2	1287	
13:50	154	142.764,42	225.537,73	6,86	20,5	6,94	20,0	1353	
13:51	155	142.755,19	225.580,38	6,84	20,3	6,91	19,9	1396	
13:55	156	142.562,56	225.699,33	6,92	20,6	6,90	19,9	1519	
13:57	157	142.538,11	225.653,01	6,81	20,3	6,80	19,7	1475	
13:58	158	142.603,08	225.606,56	6,82	20,4	6,80	19,7	1424	
13:59	159	142.683,15	225.561,95	6,79	20,3	6,81	19,7	1376	
14:00	160	142.734,19	225.511,81	6,80	20,3	6,84	19,8	1326	
14:02	161	142.808,40	225.431,97	6,83	20,3	6,87	19,9	1251	
14:04	162	142.868,66	225.324,34	6,85	20,2	6,92	19,9	1151	
14:07	163	142.921,83	225.133,26	7,31	24,8	6,98	21,2	974	
14:08	164	142.926,27	224.986,77	7,29	25,0	7,21	22,8	833	
14:10	165	142.950,48	224.855,08	7,32	25,0	7,26	22,3	716	
14:11	166	142.952,70	224.779,04	7,38	27,2	7,32	22,4	646	
14:13	167	142.947,95	224.699,32	7,18	24,2	7,20	21,4	572	
14:15	168	142.965,36	224.690,03	7,26	23,8	7,24	21,1	571	
14:16	169	142.945,59	224.671,51	7,28	23,7	7,38	22,2	546	
14:18	170	142.937,45	224.671,52	7,38	25,1	7,35	22,9	542	
14:19	171	142.935,14	224.669,66	7,38	25,1	7,27	22,6	539	
14:22	172	142.928,14	224.656,69	7,43	25,7	7,22	22,7	525	
14:24	173	142.922,33	224.652,99	7,42	25,7	7,11	22,3	519	
14:26	174	142.918,85	224.647,44	7,42	26,2	7,22	23,4	512	
14:29	175	142.909,55	224.645,59	7,44	26,5	7,19	23,3	507	
14:31	176	142.903,73	224.643,75	7,43	26,6	7,10	22,7	503	
14:34	177	142.895,60	224.640,05	7,21	25,3	7,29	23,7	496	
14:36	178	142.886,29	224.632,63	6,76	20,8	6,87	20,2	485	
14:38	179	142.863,03	224.615,99	6,84	20,5	6,89	20,1	461	
14:40	180	142.861,70	224.493,61	7,21	24,2	7,02	21,4	349	
14:43	181	142.861,39	224.263,67	7,47	26,6	7,62	27,3	182	
14:45	182	142.809,03	224.209,96	7,65	29,4	7,69	29,1	115	
14:46	183	142.802,07	224.206,27	7,70	29,9	7,74	29,6	108	
14:49	184	142.804,30	224.145,07	7,56	30,2	7,58	29,8	115	
14:54	185	142.848,50	224.180,24	7,61	29,3	7,60	28,3	152	
14:56	186	142.855,47	224.180,24	7,60	28,8	7,51	27,5	159	
15:02	187	142.906,60	224.187,58	7,54	28,5	7,30	25,2	210	
15:04	188	142.911,25	224.187,58	7,66	29,1	7,16	24,1	215	
15:07	189	142.913,57	224.183,86	7,57	28,3	7,61	27,5	217	
15:11	190	142.914,71	224.172,73	7,25	26,3	7,35	25,4	219	
15:18	191	142.903,10	224.183,88	7,59	28,1	7,32	25,0	207	
15:21	192	142.898,46	224.185,74	7,39	27,0	7,44	25,8	202	
15:25	193	142.886,85	224.187,61	7,52	27,3	7,57	26,4	191	
15:31	194	142.839,26	224.219,19	7,72	28,8	7,80	28,6	147	
15:32	195	142.819,51	224.221,08	7,70	29,4	7,76	29,0	128	
15:35	196	142.798,60	224.224,82	7,64	29,1	7,67	28,8	109	
15:38	197	142.760,26	224.221,17	7,71	30,3	7,57	28,4	73	
15:40	198	142.756,77	224.217,45	7,59	29,2	7,63	28,7	68	
15:42	199	142.745,20	224.247,15	7,69	30,1	7,74	29,8	78	
15:45	200	142.748,67	224.237,86	7,71	30,1	7,67	29,4	74	
15:47	201	142.740,56	224.258,27	7,72	30,1	7,77	30,0	85	
15:49	202	142.755,66	224.258,25	7,70	30,0	7,72	29,8	93	
15:52	203	142.775,39	224.250,81	7,69	29,9	7,73	29,6	102	
15:56	204	142.757,99	224.258,25	7,69	29,8	7,66	29,3	95	
16:01	205	142.761,49	224.267,52	7,70	29,9	7,72	29,6	104	
16:04	206	142.768,46	224.271,22	7,69	29,7	7,71	29,6	112	
16:09	207	142.811,35	224.206,26	7,60	28,6	7,64	28,4	117	
16:11	208	142.884,52	224.189,47	7,39	27,8	7,36	26,5	188	
16:12	209	142.915,88	224.180,16	7,39	27,6	7,24	25,2	220	
16:17	210	142.865,86	224.137,57	7,32	27,1	7,37	27,0	176	
16:19	211	142.867,03	224.139,42	7,35	27,9	7,22	25,9	177	
16:23	212	142.825,22	224.143,19	7,34	28,8	7,11	25,0	136	
16:27	213	142.817,08	224.143,20	7,17	25,5	7,20	24,6	128	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
16:30	214	142.883,41	224.220,99	7,29	26,0	7,23	24,0	190	
16:32	215	142.888,08	224.237,67	7,22	25,4	7,00	21,1	199	
16:38	216	142.909,03	224.272,88	7,29	25,5	6,92	20,1	230	
16:41	217	142.893,91	224.261,77	7,06	22,8	6,99	20,3	212	
16:43	218	142.888,09	224.250,64	7,05	22,9	6,99	20,1	202	
16:47	219	142.882,27	224.243,24	7,33	25,4	7,02	19,9	195	
16:48	220	142.881,11	224.245,10	6,89	21,5	6,97	20,2	194	
16:50	221	142.866,04	224.265,52	7,03	20,7	7,10	19,7	187	
16:53	222	142.816,05	224.239,63	7,61	26,5	7,71	25,9	131	
16:56	223	142.869,20	224.030,02	7,34	26,1	7,28	24,6	233	
16:58	224	142.880,77	223.998,48	7,23	24,8	7,23	24,0	263	
16:59	225	142.873,89	224.059,68	7,27	25,0	7,33	24,9	218	
17:03	226	142.809,00	224.182,15	7,32	25,9	7,53	26,7	113	
17:04	227	142.805,58	224.232,23	7,02	21,1	6,99	21,1	119	
17:06	228	142.860,17	224.213,61	7,03	20,4	7,11	19,9	166	
17:08	229	142.887,82	224.044,82	7,41	24,9	7,45	24,8	238	
17:10	230	142.859,87	224.004,07	7,29	25,2	7,33	24,0	245	
17:12	231	142.825,15	224.100,54	7,24	24,5	7,31	22,9	155	
17:14	232	142.812,54	224.221,08	7,34	24,7	7,09	20,7	121	
17:15	233	142.805,61	224.245,20	7,12	20,7	7,09	20,3	124	
17:16	234	142.836,88	224.183,97	7,11	20,3	7,17	19,9	141	
17:18	235	142.877,33	224.024,44	7,33	24,0	7,37	23,2	243	
17:20	236	142.883,22	224.085,63	7,22	20,3	7,38	23,6	212	
17:24	237	142.897,28	224.167,21	7,28	20,2	7,27	19,8	202	
17:39	238	142.909,93	224.925,59	7,44	20,3	7,52	19,6	770	
17:40	239	142.927,30	224.894,05	7,43	20,2	7,52	19,5	745	
17:57	240	142.973,82	224.079,94	7,60	22,8	7,46	19,7	297	
17:58	241	142.972,66	224.078,09	7,55	22,8	7,48	21,8	297	
18:01	242	143.004,02	224.063,20	7,49	22,5	7,54	21,9	331	
18:02	243	143.103,97	224.098,31	7,56	20,1	7,51	19,8	417	
18:03	244	143.134,22	224.122,38	7,55	19,9	7,55	19,6	443	
18:04	245	143.229,55	224.181,59	7,56	20,0	7,55	19,7	533	
18:06	246	143.112,08	224.079,75	7,53	22,6	7,56	19,5	429	
18:07	247	143.041,15	224.033,50	7,46	22,7	7,58	21,8	377	
18:09	248	142.967,90	223.983,53	7,44	22,5	7,47	21,8	339	
18:11	249	142.915,57	223.959,49	7,33	22,8	7,43	21,5	315	
18:14	250	142.921,34	223.926,10	7,33	22,4	7,44	22,9	344	hoogwater
18:15	251	142.924,74	223.853,78	7,28	22,7	7,34	20,9	403	
18:16	252	142.927,02	223.831,52	7,30	21,4	7,36	20,9	423	
18:17	253	142.950,17	223.768,45	7,31	21,2	7,30	20,3	489	
18:18	254	142.946,60	223.701,70	7,25	20,9	7,30	20,3	545	
18:19	255	142.938,43	223.672,03	7,21	21,0	7,32	20,0	568	
18:20	256	142.925,58	223.627,55	7,20	21,2	7,29	20,2	604	
18:21	257	142.903,42	223.568,24	7,06	21,0	7,24	20,2	652	
18:22	258	142.897,51	223.494,08	7,18	21,5	7,22	20,1	721	
18:23	259	142.856,77	223.436,65	7,12	20,7	7,21	20,0	766	
18:24	260	142.829,99	223.399,60	7,19	20,3	7,27	19,9	798	
18:25	261	142.818,36	223.382,93	7,18	20,3	7,28	19,8	812	
18:26	262	142.869,34	223.284,58	7,21	20,3	7,27	19,9	918	
lozingspunt		142.696,32	224.186,02						

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:25	1	142.908,97	222.362,89	6,28	18,6	6,20	18,7	1835	
7:54	2	142.294,99	225.265,78	7,02	20,9	6,65	18,6	1152	
7:57	3	142.302,97	225.158,22	7,22	22,1	6,54	19,3	1049	
8:01	4	142.435,14	224.992,99	7,12	22,9	6,95	22,3	848	
8:05	5	142.573,16	224.842,59	7,04	22,2	6,97	22,4	668	
8:10	6	142.648,43	224.681,15	7,24	22,2	6,97	21,8	497	
8:12	7	142.693,62	224.599,50		20,6	7,01	22,3	413	
8:17	8	142.770,04	224.419,52	6,57	19,1	6,60	19,6	245	
8:18	9	142.784,07	224.482,55	6,55	18,9	6,52	18,8	309	
8:20	10	142.733,10	224.588,32	6,56	18,7	6,52	18,7	404	
8:21	11	142.678,66	224.701,51	6,59	18,6	6,65	19,0	516	
8:23	12	142.648,56	224.768,31	6,70	19,3	6,71	19,4	584	
8:24	13	142.621,94	224.838,81	7,03	21,7	6,71	19,8	657	
8:25	14	142.583,74	224.933,43	7,18	22,9	6,91	21,0	756	
8:27	15	142.529,31	225.046,63	6,78	20,6	6,62	19,6	877	
8:28	16	142.509,62	225.085,60	6,28	21,2	6,68	19,7	919	
8:30	17	142.471,38	225.150,55	6,81	21,0	6,57	19,1	990	
8:31	18	142.433,13	225.208,09	6,77	20,7	6,56	19,0	1055	
8:33	19	142.386,77	225.278,63		20,3	6,57	19,0	1136	
8:47	20	142.799,09	224.425,05	6,81	21,6	6,42	19,3	260	
8:51	21	142.743,61	224.621,68	6,80	21,3	6,49	19,0	438	
8:52	22	142.710,03	224.701,47	6,79	21,3	6,43	18,9	516	
8:53	23	142.693,82	224.738,57	6,73	21,3	6,51	19,2	553	
8:55	24	142.667,19	224.805,37	6,82	21,5	6,49	19,2	620	
8:56	25	142.630,13	224.879,59	6,90	22,1	6,50	19,2	697	
8:57	26	142.606,98	224.938,96	6,94	22,2	6,49	19,3	758	
8:59	27	142.579,21	225.018,74	6,67	20,9	6,45	19,1	841	
9:00	28	142.561,86	225.065,12	6,69	21,0	6,45	19,1	889	
9:01	29	142.530,60	225.141,20	6,56	20,1	6,47	19,2	969	
9:03	30	142.491,24	225.230,26	6,71	20,5	6,43	19,0	1064	
9:05	31	142.463,47	225.302,62	6,56	19,9	6,39	18,8	1141	
9:06	32	142.447,28	225.354,56		19,4	6,40	18,8	1195	
9:17	33	142.845,53	224.399,02		25,2	6,33	20,3	260	
9:18	34	142.822,42	224.495,48	7,12	24,4	6,29	19,3	334	
9:20	35	142.810,90	224.560,40	6,89	22,9	6,30	19,2	392	
9:21	36	142.790,12	224.658,70	6,64	21,6	6,31	19,2	482	
9:22	37	142.776,25	224.705,08	6,43	20,1	6,29	19,0	525	
9:24	38	142.754,27	224.771,87	6,41	19,7	6,28	18,9	589	
9:26	39	142.725,38	224.883,17	6,30	19,0	6,28	18,8	698	
9:27	40	142.713,86	224.946,23	6,29	18,8	6,28	18,7	760	
9:28	41	142.691,92	225.040,83	6,28	18,7	6,28	18,6	855	
9:30	42	142.671,09	225.096,49	6,28	18,7	6,26	18,6	911	
9:31	43	142.649,11	225.157,72	6,29	18,7	6,27	18,6	973	
9:32	44	142.621,33	225.230,07	6,29	18,7	6,27	18,6	1047	
9:34	45	142.591,24	225.306,15	6,30	18,7	6,28	18,6	1125	
9:35	46	142.562,33	225.397,05	6,31	18,6	6,28	18,6	1218	
9:36	47	142.534,49	225.419,34	6,33	18,6	6,31	18,6	1244	
9:46	48	142.824,62	224.404,61	7,89	27,1	6,72	22,5	253	
9:49	49	142.815,46	224.501,05	7,66	27,4	6,39	20,8	337	
9:50	50	142.799,26	224.543,72	7,38	26,3	6,35	20,3	372	
9:51	51	142.787,68	224.573,41	7,22	25,6	6,35	20,1	398	
9:52	52	142.761,04	224.627,22	7,10	25,0	6,34	19,9	446	
9:54	53	142.729,78	224.701,44	7,28	25,3	6,32	19,8	517	
9:55	54	142.717,05	224.738,54	7,16	24,9	6,27	19,5	553	
9:56	55	142.698,53	224.784,93	7,02	23,9	6,24	19,4	599	
9:58	56	142.666,16	224.892,52	6,88	23,3	6,26	19,4	707	
9:59	57	142.647,64	224.942,62	6,76	22,3	6,28	19,4	758	
10:01	58	142.603,65	225.046,52	6,91	22,9	6,30	19,4	865	
10:03	59	142.550,40	225.176,40	6,69	22,0	6,32	19,5	1001	
10:04	60	142.536,51	225.211,65	6,60	21,5	6,30	19,4	1038	
10:05	61	142.523,78	225.245,05	6,78	22,0	6,33	19,5	1073	
10:06	62	142.506,43	225.289,58	6,69	21,6	6,31	19,4	1120	
10:07	63	142.491,37	225.322,98	6,50	21,1	6,28	19,2	1155	
10:16	64	142.834,06	224.506,59	7,23	25,4	6,39	21,1	349	
10:19	65	142.783,10	224.621,63	6,96	23,7	6,31	20,3	444	
10:24	66	142.731,07	224.794,15	7,07	24,2	6,23	19,6	609	
10:25	67	142.721,81	224.820,13	6,48	21,8	6,21	19,5	635	
10:27	68	142.702,13	224.866,51	7,01	23,4	6,19	19,4	681	
10:29	69	142.666,24	224.951,86	6,54	21,7	6,20	19,3	766	
10:30	70	142.650,03	224.990,83	6,47	21,1	6,20	19,3	806	
10:31	71	142.623,42	225.066,89	6,77	22,3	6,22	19,3	884	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
10:32	72	142.613,01	225.096,57	6,62	21,8	6,23	19,3	914	
10:33	73	142.607,23	225.113,27	6,83	22,5	6,24	19,3	932	
10:34	74	142.584,09	225.180,06	6,83	22,5	6,26	19,4	1000	
10:36	75	142.562,10	225.232,01	6,45	21,1	6,27	19,4	1055	
10:37	76	142.552,84	225.256,13	6,38	20,5	6,26	19,3	1080	
10:38	77	142.543,58	225.280,25	6,38	20,5	6,24	19,3	1105	
10:39	78	142.533,16	225.306,23	6,37	20,1	6,23	19,2	1132	
10:41	79	142.516,96	225.343,34	6,33	20,0	6,17	19,0	1171	
10:42	80	142.507,69	225.358,19	6,62	21,2	6,17	19,0	1187	
10:53	81	142.856,17	224.538,08	7,03	25,5	6,30	20,9	387	
10:54	82	142.837,63	224.569,63	6,96	25,3	6,30	20,7	409	
10:55	83	142.826,05	224.599,32	6,87	24,9	6,32	20,8	433	
10:56	84	142.794,76	224.651,28	6,84	24,4	6,23	19,9	476	
10:58	85	142.761,16	224.712,52	6,60	22,9	6,25	19,8	530	
10:59	86	142.747,26	224.745,92	6,83	24,0	6,29	19,8	562	
11:03	87	142.675,45	224.892,51	7,19	24,9	6,26	19,4	707	
11:06	88	142.622,21	225.029,81	6,58	22,0	6,26	19,4	847	
11:07	89	142.608,31	225.055,79	6,81	22,9	6,27	19,4	874	
11:08	90	142.580,49	225.096,62	6,76	22,5	6,32	19,4	918	
11:10	91	142.543,41	225.161,58	6,43	20,9	6,32	19,4	987	
11:11	92	142.523,71	225.194,98	6,83	22,4	6,33	19,4	1024	
11:12	93	142.475,02	225.256,24	6,88	22,4	6,33	19,5	1093	
11:13	94	142.446,04	225.297,08	6,70	21,7	6,39	19,5	1139	
11:14	95	142.429,81	225.323,07	6,78	22,0	6,38	19,5	1168	
11:25	96	142.800,62	224.690,21	6,70	24,8	6,27	20,3	515	
11:26	97	142.790,23	224.734,73			6,22	20,1	557	
11:33	98	142.703,56	225.057,51	6,14	20,1	6,09	19,0	872	
11:34	99	142.701,25	225.068,64	6,15	20,1	6,08	18,9	883	
11:35	100	142.698,94	225.079,76	6,18	20,0	6,08	18,9	894	
11:37	101	142.685,08	225.133,56	6,19	20,2	6,08	18,9	948	
11:38	102	142.673,52	225.172,52	6,34	20,8	6,11	18,9	987	
11:42	103	142.654,99	225.213,34	6,56	21,9	6,08	18,8	1028	
11:44	104	142.627,23	225.291,26	6,45	21,5	6,07	18,7	1107	
11:45	105	142.616,80	225.311,67	6,43	21,3	6,07	18,7	1128	
11:46	106	142.607,53	225.328,37	6,56	21,6	6,07	18,7	1146	
11:48	107	142.593,62	225.346,94	6,37	20,7	6,07	18,7	1165	
11:49	108	142.585,50	225.356,22	6,70	22,0	6,08	18,7	1175	
11:51	109	142.508,80	225.322,95	6,98	23,5	6,13	18,8	1152	
11:52	110	142.512,24	225.295,13	7,00	23,7	6,21	19,1	1124	laagwater
11:54	111	142.515,70	225.280,29	7,01	23,9	6,32	19,3	1109	
11:55	112	142.526,12	225.252,46	7,09	24,4	6,41	19,5	1080	
11:56	113	142.540,00	225.211,65	7,17	24,8	6,37	19,6	1037	
11:58	114	142.550,40	225.176,40	7,13	25,0	6,40	19,6	1001	
11:59	115	142.557,32	225.143,01	7,18	25,4	6,36	19,6	967	
12:00	116	142.572,38	225.109,61	7,12	25,4	6,36	19,7	932	
12:01	117	142.587,42	225.068,80	7,12	25,3	6,32	19,7	889	
12:02	118	142.602,46	225.026,13	7,03	25,2	6,36	19,6	845	
12:04	119	142.624,43	224.959,34	7,03	25,5	6,35	20,0	777	
12:06	120	142.649,92	224.914,80	7,16	26,3	6,38	20,4	730	
12:08	121	142.674,24	224.857,28	7,18	26,7	6,38	20,2	672	
12:09	122	142.689,29	224.820,17	7,25	27,4	6,29	20,5	634	
12:11	123	142.705,59	224.851,67	6,98	25,7	6,29	20,0	666	
12:14	124	142.683,63	224.927,73	6,92	25,5	6,29	19,7	742	
12:16	125	142.681,32	224.935,15	6,62	23,2	6,35	19,6	749	
12:18	126	142.641,95	225.022,36	6,82	24,0	6,41	19,9	838	
12:20	127	142.621,08	225.052,06	6,71	23,0	6,44	19,8	869	
12:22	128	142.610,65	225.066,91	6,84	23,2	6,47	19,9	885	
12:25	129	142.559,68	225.168,97	6,77	22,3	6,58	19,9	992	
12:27	130	142.529,56	225.224,64	6,86	22,1	6,63	20,2	1052	
12:29	131	142.505,27	225.295,14	6,63	20,7	6,60	19,1	1125	
12:31	132	142.483,30	225.361,93	6,79	20,4	6,75	20,0	1195	
12:32	133	142.459,97	225.295,21	6,79	20,6	6,66	19,0	1134	
12:35	134	142.469,16	225.222,88	6,77	20,8	6,62	19,0	1061	
12:37	135	142.483,00	225.152,39	7,13	22,4	6,63	19,3	990	
12:39	136	142.506,13	225.081,89	7,02	22,6	6,73	19,9	916	
12:42	137	142.528,08	225.002,12	7,23	24,3	6,65	20,6	833	
12:44	138	142.550,10	224.965,01	7,06	24,6	6,58	20,2	793	
12:46	139	142.584,84	224.892,64	7,11	25,5	6,58	20,7	715	
12:48	140	142.596,39	224.844,41	7,14	26,2	6,64	20,7	666	
12:50	141	142.626,49	224.770,19	7,23	27,2	6,84	21,9	588	
12:52	142	142.639,23	224.744,21	7,22	27,3	6,96	22,5	561	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
12:54	143	142.662,40	224.701,53	7,27	27,7	6,98	23,9	517	
12:56	144	142.693,70	224.653,28	7,15	27,2	6,72	22,5	467	
12:58	145	142.715,72	224.614,30	7,24	27,7	6,66	22,6	429	
13:02	146	142.742,38	224.575,33	7,41	28,7	6,79	22,9	392	
13:04	147	142.764,39	224.534,50	6,76	24,8	6,82	23,4	355	
13:06	148	142.764,39	224.534,50	6,77	25,0	6,87	24,3	355	
13:07	149	142.799,28	224.558,56	6,74	24,6	7,08	25,8	387	
13:10	150	142.759,90	224.645,77	7,20	27,3	6,70	22,8	464	
13:12	151	142.741,42	224.718,11	7,18	26,6	6,73	22,0	534	
13:13	152	142.717,09	224.768,21	7,14	26,3	6,84	21,9	583	
13:15	153	142.680,02	224.842,44	7,17	26,3	6,56	21,0	657	
13:18	154	142.634,82	224.909,26	6,22	19,5	6,30	19,3	726	
13:20	155	142.618,60	224.944,51	6,12	19,2	6,16	19,1	762	
13:22	156	142.610,57	225.013,13	6,10	19,1	6,04	19,0	832	
13:24	157	142.582,83	225.111,45	6,07	19,1	6,01	19,0	932	
13:26	158	142.570,14	225.172,66	6,08	19,1	5,99	19,0	995	
13:28	159	142.544,70	225.254,29	5,94	19,1	5,89	18,9	1079	
13:30	160	142.509,95	225.315,53	5,85	19,1	5,84	18,9	1145	
13:32	161	142.548,27	225.309,92	5,85	19,0	5,87	18,8	1134	
13:34	162	142.590,01	225.259,79	5,84	19,1	5,85	18,9	1079	
13:36	163	142.625,89	225.168,88	5,86	19,0	5,86	18,9	985	
13:38	164	142.657,13	225.081,68	5,86	19,1	5,87	18,9	897	
13:40	165	142.699,98	224.988,90	5,92	19,0	5,92	18,9	803	
13:42	166	142.742,84	224.909,10	5,94	19,1	5,95	18,9	725	
13:44	167	142.782,23	224.829,31	6,00	19,1	5,97	18,9	649	
13:46	168	142.818,11	224.732,84	6,01	19,1	5,99	18,9	560	
13:48	169	142.834,24	224.640,10	6,04	19,2	6,01	19,0	475	
13:50	170	142.866,63	224.539,92	6,05	19,2	6,05	19,0	393	
13:52	171	142.895,47	224.389,68	7,57	28,9			285	
13:54	172	142.855,83	224.289,60	7,34	28,8	6,54	22,2	190	
13:55	173	142.839,63	224.337,84	7,19	27,8	6,75	23,0	209	
13:57	174	142.825,81	224.419,45	7,24	26,9	6,10	19,9	267	
14:00	175	142.803,85	224.506,63	6,18	20,1	6,14	19,7	338	
14:02	176	142.781,85	224.556,73	6,17	19,8	6,26	19,7	380	
14:04	177	142.773,77	224.595,68	6,05	19,5	6,28	19,7	417	
14:06	178	142.775,00	224.640,18	5,95	19,3	5,93	19,2	461	
14:07	179	142.760,00	224.716,23	5,92	19,1	5,91	19,1	534	
14:10	180	142.748,47	224.777,44	5,91	19,1	5,87	19,0	594	
14:19	181	142.555,15	225.245,00	6,08	19,2	5,96	18,8	1068	
14:22	182	142.600,30	225.141,10	6,04	19,2	5,94	18,8	960	
14:24	183	142.632,71	225.061,31	6,07	19,4	5,92	18,8	878	
14:26	184	142.665,14	224.994,51	5,98	19,1	5,91	18,8	809	
14:27	185	142.688,27	224.925,87	5,99	19,1	5,92	18,8	740	
14:29	186	142.717,22	224.857,22	5,99	19,1	5,91	18,9	672	
14:32	187	142.771,64	224.731,05	5,94	19,1	5,91	19,0	550	
14:34	188	142.808,68	224.638,28	5,95	19,1	5,92	19,0	466	
14:35	189	142.830,66	224.571,49	5,94	19,1	5,90	19,0	408	
14:36	190	142.858,42	224.484,30	5,95	19,1	5,91	19,0	339	
14:38	191	142.876,87	224.386,00	5,95	19,2	5,92	19,1	269	
14:39	192	142.887,25	224.324,79	7,54	29,0	7,27	27,4	236	
14:42	193	142.878,90	224.169,04	7,40	29,8	7,13	27,0	183	
14:44	194	142.868,33	224.085,61	7,34	29,9	6,91	25,6	199	
14:47	195	142.883,51	224.137,51	7,26	29,1	7,14	26,9	193	
14:48	196	142.903,34	224.200,53	7,20	27,8	5,82	19,8	208	
14:51	197	142.903,49	224.311,79	5,86	20,2	5,82	19,6	242	
15:02	198	142.463,43	225.278,51	6,40	19,1	6,39	18,7	1117	
15:03	199	142.497,01	225.202,44	6,33	19,0	6,39	18,7	1036	
15:05	200	142.527,10	225.130,08	6,31	19,0	6,39	18,7	959	
15:07	201	142.561,83	225.048,43	6,29	19,1	6,39	18,7	873	
15:09	202	142.608,14	224.937,11	6,26	19,1	6,35	18,7	756	
15:11	203	142.660,30	224.861,01	6,21	19,2	6,25	18,7	676	
15:14	204	142.699,69	224.786,78	6,20	19,3	6,23	18,7	601	
15:16	205	142.749,52	224.699,56	6,17	19,2	6,14	18,7	516	
15:17	206	142.780,81	224.645,74	6,21	19,3	6,14	18,8	467	
15:19	207	142.821,35	224.560,38	6,17	19,3	6,12	18,8	395	
15:21	208	142.840,97	224.463,93	6,06	19,3	6,03	18,8	313	
15:24	209	142.845,51	224.386,04	7,44	28,3	6,18	20,1	250	
15:26	210	142.851,23	224.319,28	7,43	29,5	7,16	26,9	204	
15:28	211	142.871,92	224.159,78	6,94	26,5	6,85	26,2	178	
15:29	212	142.874,16	224.102,29	7,30	29,0	6,37	24,6	197	
15:30	213	142.884,54	224.044,79	7,31	30,0	5,93	20,5	235	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
15:32	214	142.881,00	224.007,71	7,28	29,6	5,91	20,2	257	
15:34	215	142.877,61	224.076,32	7,17	29,1	6,15	21,1	212	
15:36	216	142.879,98	224.109,70	6,72	25,7	6,45	22,8	199	
15:38	217	142.890,54	224.183,86	6,77	25,9	6,05	20,2	194	
15:51	218	142.473,88	225.271,08	6,61	19,3	6,64	18,7	1108	
15:54	219	142.551,47	225.111,50	6,60	19,0	6,60	18,6	937	
15:55	220	142.591,98	225.009,45	6,63	19,0	6,59	18,6	830	
15:57	221	142.646,45	224.924,07	6,63	19,0	6,59	18,6	740	
15:59	222	142.697,44	224.838,70	6,62	19,0	6,59	18,6	653	
16:02	223	142.758,81	224.697,69	6,54	19,2	6,58	18,6	515	
16:04	224	142.807,43	224.573,38	6,50	19,2	6,52	18,6	403	
16:05	225	142.843,25	224.432,40	6,46	19,3	6,53	18,6	287	
16:06	226	142.852,46	224.371,20	6,46	19,4	6,52	18,6	242	
16:07	227	142.864,01	224.326,68	6,40	19,3	6,48	18,6	219	
16:08	228	142.855,76	224.237,68	7,41	27,1	6,71	23,2	168	
16:12	229	142.870,57	224.026,27	6,78	24,1	6,69	23,2	236	
16:13	230	142.865,89	224.002,17	6,80	24,2	6,67	23,0	250	
16:14	231	142.853,09	223.987,35	6,87	24,7	6,66	22,7	253	
16:15	232	142.855,48	224.035,56	6,74	23,6	6,52	21,1	219	
16:16	233	142.863,65	224.061,51	6,78	24,0	6,63	22,9	209	
16:19	234	142.860,27	224.135,69	6,90	25,1			171	
16:21	235	142.877,77	224.191,29	6,49	20,1	6,35	19,7	182	
16:22	236	142.877,77	224.193,15	6,53	19,6	6,55	19,2	182	
16:23	237	142.869,67	224.211,70			6,60	19,1	175	
16:38	238	142.488,75	225.115,30	7,05	19,0	6,95	18,7	952	
16:40	239	142.609,28	224.920,42	6,97	18,9	6,93	18,7	740	
16:43	240	142.722,87	224.747,81	6,98	18,9	6,94	18,7	562	
16:44	241	142.787,71	224.591,95	7,04	18,9	6,97	18,7	416	
16:46	242	142.835,01	224.358,24	6,89	18,9	6,88	18,7	221	
16:47	243	142.839,56	224.282,21	6,88	18,9	6,85	18,7	173	
16:48	244	142.845,28	224.217,30	6,86	18,9	6,82	18,8	152	
16:49	245	142.863,71	224.106,01	7,01	22,4	6,92	21,8	186	
16:50	246	142.886,83	224.016,97	6,96	22,4	6,86	21,5	255	
16:52	247	142.856,58	223.987,35	6,92	22,5	6,93	22,2	255	
16:53	248	142.858,95	224.020,72	6,93	22,7	6,90	21,5	232	
16:56	249	142.843,93	224.083,79	6,88	21,5	6,87	21,1	180	
16:58	250	142.856,81	224.152,38	6,97	22,0	6,81	19,4	164	
17:02	251	142.881,27	224.200,56	6,95	19,4	6,85	19,2	186	
17:07	252	142.778,26	224.478,85	7,22	18,8	7,19	18,5	304	
17:08	253	142.790,92	224.391,68	7,20	18,8	7,16	18,6	226	
17:09	254	142.821,02	224.319,32	6,97	19,0	7,09	18,7	183	
17:10	255	142.833,74	224.276,65	6,92	19,1	6,97	18,8	165	
17:12	256	142.840,60	224.195,05	6,96	21,5	7,05	22,6	145	
17:13	257	142.843,97	224.111,60	6,98	21,5	6,99	21,2	165	
17:14	258	142.858,99	224.054,10	6,93	21,8	6,98	20,9	209	
17:15	259	142.862,47	224.048,53	6,94	21,6	6,96	21,0	216	
17:17	260	142.870,57	224.024,41	6,92	21,6	6,99	20,3	238	
17:18	261	142.874,05	224.018,85	6,91	21,5	6,98	20,2	244	
17:20	262	142.877,53	224.016,99	6,93	20,9	7,06	20,3	248	
17:22	263	142.884,50	224.016,98	7,00	21,1	7,04	20,6	253	
17:25	264	142.891,48	224.020,68	7,02	21,1	7,09	20,2	256	hoogwater
17:27	265	142.911,30	224.070,72	7,03	21,1	7,10	20,7	244	
17:30	266	142.922,99	224.122,62	7,12	22,0	7,04	21,1	235	
17:32	267	142.877,56	224.037,38	7,07	20,9	6,97	20,6	234	
17:33	268	142.884,47	223.996,58	6,87	20,8	6,99	20,1	267	
17:34	269	142.884,47	223.996,58	6,79	21,1	6,99	20,0	267	
17:36	270	142.885,63	223.991,01	6,69	21,5	7,04	19,7	272	
17:37	271	142.886,79	223.991,01	6,54	21,4	7,08	19,5	273	
17:40	272	142.887,95	223.987,30	6,48	21,3	6,83	19,6	276	
17:41	273	142.885,62	223.985,45	6,56	21,1	6,85	19,3	276	
17:43	274	142.886,79	223.987,30	6,52	20,6	6,89	19,2	275	
17:45	275	142.884,47	223.991,02	6,40	19,9	6,84	19,1	271	
17:47	276	142.885,63	223.992,87	6,51	19,5	6,85	19,0	270	
17:49	277	142.882,15	223.996,58	6,62	19,3	6,89	19,0	265	
17:51	278	142.878,67	224.000,30	6,71	19,2	6,88	19,0	260	
17:54	279	142.871,72	224.013,29	6,74	19,1	6,87	19,0	246	
17:56	280	142.867,07	224.013,29	6,76	19,2	6,82	18,9	243	
17:58	281	142.869,39	224.013,29	6,76	19,1	6,84	18,9	245	
18:00	282	142.875,18	223.996,59	6,85	19,2	6,81	19,0	261	
18:03	283	142.875,18	223.996,59	6,88	19,3	6,89	19,1	261	
18:05	284	142.864,73	224.000,32	6,92	19,3	6,88	19,0	251	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
18:07	285	142.865,89	224.002,17	6,97	19,4	6,94	19,2	250	
18:08	286	142.864,74	224.007,73	6,95	19,4	6,92	19,1	245	
18:10	287	142.867,07	224.009,58	6,93	19,3	6,92	19,1	246	
18:12	288	142.874,03	224.004,01	6,98	19,3	6,99	19,1	254	
18:15	289	142.869,40	224.017,00	6,95	19,3	6,94	19,1	242	
18:16	290	142.865,92	224.024,42	6,96	19,2	6,98	19,1	234	
18:17	291	142.843,88	224.046,70	6,90	19,2	6,89	18,9	203	
18:18	292	142.835,89	224.146,85	6,92	19,2	6,94	19,0	145	
18:19	293	142.825,49	224.191,36	6,93	19,3	6,97	19,1	129	
18:20	294	142.822,08	224.243,29	6,95	19,3	6,97	19,1	138	
18:22	295	142.826,80	224.295,21	7,26	21,5	7,10	20,0	170	
18:23	296	142.833,81	224.330,43	7,29	22,7	7,29	22,3	199	
18:24	297	142.838,61	224.439,83	7,10	21,4	6,98	19,7	291	
18:25	298	142.832,90	224.510,30	7,10	21,8	7,07	19,6	352	
18:27	299	142.830,67	224.578,91	7,11	21,8	7,08	19,6	415	
18:28	300	142.828,43	224.640,11	7,10	21,3	7,15	19,4	473	
18:29	301	142.821,58	224.725,42	7,10	20,3	7,22	19,2	554	
18:31	302	142.815,87	224.794,03	7,12	20,1	7,24	19,2	620	
18:32	303	142.804,36	224.875,64	7,15	20,5	7,22	19,7	698	
18:34	304	142.751,12	225.016,64	7,12	20,7	7,25	19,6	832	
18:35	305	142.737,24	225.053,75	7,11	20,7	7,19	19,4	869	
18:36	306	142.711,78	225.120,54	7,12	20,4	7,24	19,2	935	
18:37	307	142.674,71	225.194,77	7,12	20,6	7,22	19,4	1009	
18:39	308	142.623,75	225.298,68	7,16	20,1	7,28	19,3	1115	
18:40	309	142.602,91	225.346,92	7,15	20,0	7,31	19,3	1165	
18:41	310	142.563,54	225.430,43	7,20	20,0	7,37	19,1	1251	
18:43	311	142.523,01	225.512,07	7,20	19,9	7,35	19,1	1337	
18:45	312	142.497,53	225.562,18	7,21	19,9	7,34	19,1	1390	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:34	1	142.570,29	223.644,69	10,27	3,8	11,01	3,8	556	
7:45	2	142.963,54	223.184,27			10,97	3,9	1037	
7:51	3	143.070,51	224.107,58			10,98	3,8	382	
7:53	4	143.150,16	224.604,44			10,98	3,9	617	
8:05	5	142.635,41	225.332,04	10,71	3,9	11,13	3,7	1148	
8:07	6	142.644,57	225.235,60	10,55	3,6	11,14	3,8	1051	
8:09	7	142.671,13	225.126,16	10,52	3,6	11,15	3,7	940	
8:11	8	142.696,55	225.031,55	10,51	3,7	11,14	3,8	846	
8:13	9	142.721,98	224.940,65	10,44	4,7	11,13	4,6	755	
8:15	10	142.740,45	224.855,33	10,43	5,0	11,07	5,3	671	
8:17	11	142.768,20	224.768,14	10,37	5,7	11,05	5,8	587	
8:19	12	142.793,64	224.680,95	10,14	11,2	10,68	8,9	504	
8:23	13	142.838,72	224.519,56	9,91	13,4	10,73	12,1	363	
8:26	14	142.874,57	224.397,12	9,76	16,0	10,50	14,6	276	
8:28	15	142.915,16	224.345,15	9,73	15,5	10,46	15,3	271	
8:30	16	142.911,78	224.424,89	9,70	16,0	10,41	13,0	322	
8:32	17	142.888,68	224.525,05	9,80	13,5	10,63	10,2	390	
8:34	18	142.869,08	224.634,49	9,83	12,7	10,68	11,2	481	
8:36	19	142.857,60	224.734,63	9,98	10,8	10,84	6,2	572	
8:38	20	142.834,52	224.840,36	10,25	5,0	10,93	5,7	669	
8:40	21	142.806,75	224.921,99	10,32	4,5	10,95	5,1	744	
8:41	22	142.784,75	224.970,24	10,35	4,1	10,96	4,8	789	
8:43	23	142.743,05	225.057,45	10,39	4,0	11,06	4,3	873	
8:45	24	142.702,50	225.135,39	10,43	3,8	11,12	4,0	949	
8:47	25	142.658,47	225.211,48	10,45	3,7	11,14	3,8	1026	
8:49	26	142.627,20	225.274,57	10,47	3,6	11,16	3,7	1091	
8:50	27	142.577,36	225.350,67	10,49	3,6	11,17	3,7	1171	
8:51	28	142.553,02	225.385,93	10,47	3,6	11,18	3,8	1208	
8:53	29	142.521,64	225.369,29	10,53	3,6	11,19	3,7	1196	
8:54	30	142.532,01	225.311,79	10,49	3,7	11,19	3,8	1138	
8:55	31	142.530,78	225.261,72	10,48	3,7	11,19	3,9	1088	
8:56	32	142.538,84	225.213,50	10,49	3,9	11,21	4,1	1039	
8:57	33	142.552,73	225.178,25	10,49	4,1	11,16	4,3	1003	
8:59	34	142.571,25	225.133,72	10,47	4,4	11,15	4,7	956	
8:59	35	142.592,11	225.102,16	10,44	4,7	11,17	4,9	922	
9:01	36	142.611,81	225.072,47	10,42	4,9	11,11	5,3	890	
9:02	37	142.635,00	225.042,76	10,40	5,2	11,14	5,6	859	
9:02	38	142.655,87	225.013,07	10,40	5,3	11,10	5,6	828	
9:03	39	142.666,30	224.996,36	10,39	5,6	11,09	5,7	811	
9:04	40	142.688,32	224.962,95	10,36	5,7	11,06	5,9	777	
9:05	41	142.698,75	224.942,54	10,35	5,8	11,06	6,1	757	
9:06	42	142.699,90	224.933,27	10,27	8,1	11,01	7,5	747	
9:07	43	142.697,58	224.935,12	10,20	8,6	10,90	8,2	749	
9:09	44	142.681,41	225.000,05	10,29	5,7	10,97	6,0	814	
9:10	45	142.668,71	225.057,55	10,34	5,3	11,03	5,6	872	
9:10	46	142.657,13	225.085,38	10,36	5,0	11,03	5,3	900	
9:11	47	142.631,66	225.142,90	10,36	4,5	11,02	4,9	959	
9:12	48	142.621,24	225.165,17	10,38	4,4	11,04	4,7	982	
9:13	49	142.596,91	225.207,85	10,40	4,2	11,07	4,5	1027	
9:14	50	142.572,59	225.257,96	10,44	4,1	11,13	4,2	1079	
9:15	51	142.544,77	225.302,50	10,44	3,9	11,14	4,2	1127	
9:16	52	142.540,22	225.363,70	10,46	3,7	11,16	3,8	1188	
9:17	53	142.562,28	225.358,10	10,45	3,7	11,13	3,8	1180	
9:18	54	142.580,83	225.335,83	10,44	3,7	11,16	3,8	1156	
9:18	55	142.600,53	225.304,27	10,58	3,6	11,16	3,7	1122	
9:19	56	142.627,20	225.270,86	10,45	3,8	11,14	3,8	1087	
9:20	57	142.663,15	225.235,57	10,46	3,8	11,14	3,9	1050	
9:21	58	142.697,94	225.194,73	10,48	3,8	11,14	3,9	1009	
9:22	59	142.718,81	225.163,18	10,43	3,8	11,13	3,9	977	
9:23	60	142.737,34	225.127,92	10,43	4,0	11,10	4,2	943	
9:24	61	142.760,51	225.083,38	10,45	3,9	11,14	4,2	900	
9:25	62	142.780,20	225.046,27	10,41	4,1	11,10	4,2	864	
9:26	63	142.797,58	225.011,01	10,40	4,1	11,12	4,4	831	
9:27	64	142.817,27	224.968,34	10,41	4,3	11,13	4,5	792	
9:28	65	142.835,79	224.920,10	10,39	4,5	11,03	5,0	747	
9:30	66	142.851,98	224.871,86	10,39	4,7		6,5	703	
9:30	67	142.858,91	224.842,18	10,06	11,9	10,91	6,3	676	
9:33	68	142.869,23	224.742,04	9,89	13,5	10,82	12,2	582	
9:32	69	142.869,23	224.740,18	9,82	14,0		13,2	581	
9:33	70	142.873,83	224.708,65	9,77	14,3	10,56	14,7	552	
9:35	71	142.888,84	224.643,73	9,70	15,3		12,2	497	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

9:36	72	142.893,44	224.610,35	9,71	16,6	10,42	12,4	468	
9:36	73	142.895,72	224.578,82	9,62	15,9	10,49	9,3	441	
9:38	74	142.921,18	224.500,90	9,65	16,3	10,39	14,6	387	
9:39	75	142.929,25	224.456,39	9,64	15,7	10,37	16,0	357	laagwater
9:40	76	142.932,66	224.402,61	9,59	16,6	10,32	15,9	321	
9:41	77	142.920,99	224.365,54	9,58	16,8	10,32	16,7	288	
9:42	78	142.896,61	224.376,70	9,58	16,8	10,33	16,5	277	
9:42	79	142.886,18	224.397,11	9,56	17,0		15,0	284	
9:44	80	142.870,02	224.469,45	9,58	16,8	10,32	14,5	332	
9:44	81	142.864,24	224.493,56	9,58	16,8	10,40	14,4	350	
9:45	82	142.865,46	224.532,50	9,55	16,5		11,5	386	
9:46	83	142.857,38	224.575,16	9,61	15,5		11,1	421	
9:47	84	142.852,79	224.614,11	9,66	15,5		12,1	456	
9:48	85	142.850,50	224.636,37	9,59	15,9	10,55	9,4	476	
9:48	86	142.848,23	224.679,02	9,65	15,2	10,60	10,3	516	
9:49	87	142.843,63	224.710,55	9,73	14,0	10,64	10,6	545	
9:50	88	142.839,00	224.725,39	9,72	14,3	10,63	11,8	558	
9:51	89	142.837,84	224.725,39	9,75	14,1	10,55	12,9	558	
9:52	90	142.835,52	224.729,10	9,74	14,2	10,48	14,1	561	
9:53	91	142.834,36	224.729,10	9,76	14,2	10,42	13,5	560	
9:54	92	142.833,20	224.729,11	9,80	13,8	10,50	12,9	560	
9:55	93	142.833,20	224.730,96	9,73	13,4	10,52	13,7	562	
9:57	94	142.832,04	224.727,25	9,84	11,0	10,47	11,6	558	
9:58	95	142.832,04	224.727,25	9,88	10,6	10,58	11,3	558	
9:59	96	142.832,04	224.727,25	9,93	11,2	10,64	11,9	558	
10:00	97	142.834,35	224.719,83	9,91	11,9	10,55	11,6	551	
10:02	98	142.851,66	224.634,51	9,71	15,4	10,39	13,0	475	
10:04	99	142.866,65	224.556,61	9,68	15,0	10,28	14,0	408	
10:05	100	142.874,72	224.510,24	9,62	16,3	10,32	14,1	370	
10:07	101	142.890,87	224.426,77	9,62	16,3	10,38	13,4	310	
10:08	102	142.886,17	224.387,84	9,61	16,6	10,25	14,4	277	
10:09	103	142.878,13	224.454,60	9,58	16,7	10,36	13,4	324	
10:11	104	142.874,74	224.526,93	9,62	16,1	10,55	12,2	385	
10:11	105	142.871,28	224.545,47	9,63	16,0	10,34	13,7	400	
10:13	106	142.858,66	224.656,75	9,62	16,2	10,46	13,2	498	
10:15	107	142.837,87	224.743,93	9,65	15,2	10,45	13,1	576	
10:17	108	142.822,82	224.782,90	9,77	13,7	10,50	12,1	610	
10:19	109	142.798,47	224.816,31	9,85	12,7	10,58	11,6	639	
10:20	110	142.784,57	224.842,29	9,83	13,1	10,59	12,6	662	
10:22	111	142.760,24	224.890,53	9,80	13,3	10,57	11,4	707	
10:23	112	142.740,57	224.944,34	9,79	13,3	10,83	12,8	760	
10:24	113	142.716,28	225.016,69	10,20	5,8	10,74	6,0	831	
10:25	114	142.704,71	225.053,79	10,22	5,3	10,91	5,4	868	
10:26	115	142.668,84	225.146,56	10,40	4,7	11,03	4,9	961	
10:27	116	142.646,85	225.205,93	10,44	4,6	11,11	4,7	1021	
10:29	117	142.617,94	225.294,98	10,49	4,2	11,15	4,4	1112	
10:30	118	142.593,62	225.346,93	10,48	4,2	11,18	4,3	1165	
10:31	119	142.568,12	225.385,91	10,52	4,5	11,23	4,6	1207	
10:33	120	142.563,32	225.276,51	10,53	4,2	11,24	4,4	1099	
10:34	121	142.573,69	225.219,01	10,53	4,5	11,25	4,6	1040	
10:36	122	142.580,54	225.135,56	10,49	5,3	11,19	5,3	957	
10:38	123	142.600,13	225.022,42	10,38	7,9	11,16	8,0	842	
10:40	124	142.624,45	224.970,46	10,25	9,2	10,96	9,2	788	
10:41	125	142.645,29	224.920,36	10,09	10,6	10,85	10,6	736	
10:42	126	142.656,85	224.881,41	10,00	12,4	10,71	12,3	697	
10:44	127	142.698,54	224.790,49	9,85	13,6	10,57	13,5	604	
10:45	128	142.735,58	224.695,86	9,76	14,6	10,47	14,6	511	
10:47	129	142.769,12	224.590,12	9,69	15,2	10,38	15,2	411	
10:49	130	142.769,13	224.595,68	9,65	15,2	10,32	15,2	416	
10:52	131	142.754,03	224.603,12	9,63	15,2	10,31	15,3	421	
10:54	132	142.806,29	224.586,36	9,61	15,8	10,35	15,7	415	
10:56	133	142.879,33	224.482,42	9,61	16,0	10,29	14,8	348	
10:59	134	142.917,52	224.378,52	9,56	16,4	10,33	16,5	293	
11:02	135	142.913,12	224.558,40	9,57	16,2	10,35	15,7	431	
11:05	136	142.901,70	224.701,20	9,59	16,1	10,31	14,4	555	
11:06	137	142.885,54	224.779,10	9,72	14,0	10,46	13,8	623	
11:08	138	142.868,22	224.857,01	9,79	12,2	10,97	11,1	693	
11:09	139	142.856,71	224.933,05	10,26	4,4	10,88	4,8	764	
11:11	140	142.844,06	225.020,22	10,44	4,7	11,14	4,8	847	
11:13	141	142.823,31	225.135,22	10,50	4,8	11,20	5,3	958	
11:15	142	142.783,94	225.227,99	10,56	4,5	11,25	4,6	1046	
11:17	143	142.738,81	225.346,73	10,46	3,8	11,15	3,9	1161	
11:19	144	142.707,57	225.435,78	10,44	3,8	11,12	3,8	1250	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

11:21	145	142.628,67	225.489,67	10,42	3,8	11,08	3,8	1305	
11:26	146	142.516,87	225.284,00	10,39	3,8	11,10	3,8	1113	
11:28	147	142.538,78	225.170,85	10,42	3,8	11,14	3,9	997	
11:30	148	142.572,30	225.057,69	10,55	4,0	11,38	4,5	880	
11:32	149	142.605,86	224.968,63	10,57	5,2	11,32	5,4	788	
11:34	150	142.664,97	224.873,98	10,41	7,9	11,12	8,0	689	
11:36	151	142.719,45	224.790,46	10,03	11,0	10,77	11,5	605	
11:38	152	142.790,17	224.690,22	9,86	13,5	10,63	13,2	513	
11:41	153	142.846,90	224.556,63	9,68	15,1	10,41	14,9	400	
11:43	154	142.882,77	224.447,18	9,64	15,7	10,29	15,5	321	
11:45	155	142.909,38	224.367,41	9,63	15,5	10,38	15,4	280	
11:47	156	142.843,16	224.367,50	9,66	16,0	10,37	16,0	233	
11:49	157	142.811,93	224.467,67	9,59	15,5	10,25	15,5	304	
11:51	158	142.776,07	224.578,98	9,67	14,2	10,41	13,9	401	
11:52	159	142.747,15	224.664,32	9,89	11,7	10,55	11,8	481	
11:55	160	142.714,79	224.783,05	10,25	8,0	10,89	8,0	597	
11:56	161	142.695,11	224.834,99	10,43	4,3	11,05	4,6	649	
11:58	162	142.653,42	224.925,91	10,39	3,9	11,08	4,1	741	
12:00	163	142.628,01	225.026,08	10,39	3,9	11,08	3,9	843	
12:02	164	142.565,42	225.117,04	10,37	3,8	11,07	3,9	940	
12:04	165	142.514,39	225.174,59	10,37	3,8	11,07	3,8	1005	
12:06	166	142.573,57	225.133,71	10,38	3,8	11,07	3,8	956	
12:08	167	142.616,42	225.044,64	10,35	3,8	11,06	3,8	862	
12:10	168	142.639,54	224.964,88	10,37	3,8	11,08	3,8	781	
12:12	169	142.645,24	224.890,69	10,39	3,8	11,10	3,8	707	
12:14	170	142.652,12	224.822,07	10,43	3,8	11,15	3,8	638	
12:16	171	142.720,48	224.699,59	10,47	3,8	11,24	4,0	514	
12:18	172	142.779,57	224.588,25	10,53	4,1	11,25	4,2	411	
12:21	173	142.803,84	224.501,06	10,54	5,0	11,23	8,1	333	
12:22	174	142.810,77	224.465,82	10,30	9,4	11,03	9,3	302	
12:25	175	142.905,83	224.322,91	9,94	12,0	10,68	11,5	250	
12:27	176	142.928,07	224.447,12	10,37	4,2	11,06	4,4	349	
12:30	177	142.893,46	224.619,62	10,41	3,8	11,08	3,9	476	
12:32	178	142.935,16	224.532,41	10,39	3,8	11,09	3,9	421	
12:34	179	142.948,95	224.424,84	10,41	3,8	11,14	4,0	348	
12:36	180	142.947,62	224.296,89	10,49	3,9	11,19	4,0	275	
12:37	181	142.934,73	224.217,17	10,53	4,1	11,23	4,1	240	
12:38	182	142.911,34	224.100,38	9,88	15,0	10,71	14,5	231	
12:40	183	142.893,94	224.124,51	9,75	15,1	10,43	15,0	207	
12:42	184	142.915,00	224.228,32	9,76	15,6	9,69	11,7	223	
12:43	185	142.926,69	224.285,79	10,09	5,2	10,83	5,0	251	
12:43	186	142.920,93	224.317,32	10,31	4,2	10,89	4,4	260	
12:45	187	142.926,84	224.395,20	10,44	4,0	11,04	4,0	311	
12:46	188	142.926,91	224.443,41	10,36	3,9	11,05	4,0	346	
12:48	189	142.942,18	224.573,19	10,40	3,8	11,07	3,9	459	
12:50	190	142.929,51	224.649,24	10,37	3,8	11,06	3,9	519	
12:51	191	142.906,19	224.588,08	10,36	3,8	11,07	3,8	454	
12:54	192	142.915,32	224.467,53	10,39	3,8	11,10	3,8	357	
12:56	193	142.910,46	224.308,07	10,42	3,8	11,13	3,8	246	
12:57	194	142.906,85	224.220,92	10,47	3,8	11,18	3,8	213	
12:59	195	142.897,43	224.128,21	10,06	13,4	10,80	13,5	209	
13:00	196	142.879,94	224.076,32	9,87	15,3	10,59	14,9	214	
13:02	197	142.854,52	224.182,05	9,86	14,3	10,48	13,6	158	
13:04	198	142.839,54	224.271,08	9,85	15,4	10,61	15,0	167	
13:05	199	142.836,17	224.356,38	10,30	5,4	10,30	5,3	220	
13:06	200	142.838,53	224.382,34	10,27	4,6	10,97	4,5	242	
13:07	201	142.830,46	224.425,00	10,41	4,1	11,09	4,2	274	
13:09	202	142.817,79	224.501,04	10,41	3,8	11,10	4,0	338	
13:10	203	142.827,21	224.595,60	10,41	3,9	11,08	3,9	430	
13:12	204	142.887,66	224.627,04	10,44	3,9	11,11	3,9	481	
13:14	205	142.920,01	224.500,90	10,39	3,8	11,09	3,9	386	
13:16	206	142.926,86	224.408,18	10,41	3,8	11,10	3,8	320	
13:18	207	142.931,38	224.315,46	10,40	3,8	11,12	3,8	268	
13:20	208	142.919,62	224.207,92	10,42	3,8	11,13	3,8	224	
13:21	209	142.912,53	224.120,78	10,34	9,8	11,94	6,5	226	
13:22	210	142.874,10	224.059,64	10,15	12,7	11,04	13,5	218	
13:23	211	142.900,92	224.128,21	10,15	12,7	10,66	13,2	213	
13:24	212	142.918,40	224.168,98	10,19	4,5	10,90	4,4	223	
13:25	213	142.939,37	224.213,46	10,33	4,1	10,97	4,2	245	
13:26	214	142.952,24	224.278,34	10,53	3,9	11,01	4,0	272	
13:27	215	142.960,41	224.308,00	10,38	3,9	11,06	4,0	291	
13:29	216	142.973,32	224.402,55	10,44	3,9	11,09	3,9	352	
13:30	217	142.969,92	224.463,75	11,61	3,8	11,11	3,9	390	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

13:31	218	142.965,37	224.541,64	10,52	3,8	11,22	3,8	446	
13:34	219	142.949,20	224.608,42	10,62	3,7	11,30	3,7	492	
13:36	220	142.922,28	224.456,40	10,46	3,8	11,16	3,8	352	
13:38	221	142.915,16	224.347,00	10,43	3,8	11,13	3,8	272	
13:40	222	142.913,85	224.241,31	10,44	3,8	11,15	3,8	224	
13:41	223	142.907,89	224.131,91	10,44	3,8	11,14	3,8	218	
13:43	224	142.868,36	224.106,00	10,13	12,3	10,84	11,9	190	
13:44	225	142.867,27	224.157,93	10,10	11,6	10,23	11,5	173	
13:45	226	142.867,32	224.193,16	10,30	4,5	10,97	4,4	171	
13:46	227	142.859,26	224.248,80	10,40	4,0	11,03	4,2	175	
13:48	228	142.852,42	224.343,38	10,55	3,8	11,13	4,0	222	
13:49	229	142.857,11	224.376,75	10,53	3,8	11,23	3,8	249	
13:51	230	142.853,77	224.484,31	10,85	3,6	11,39	3,7	337	
13:52	231	142.856,15	224.519,53			11,41	3,7	370	
14:20	232	142.983,03	223.851,80	10,54	5,1	11,32	4,9	440	
14:22	233	142.989,87	223.753,52	10,57	5,0	11,22	5,2	523	
14:24	234	142.989,69	223.618,15	10,47	5,5	11,21	4,8	639	
14:26	235	142.977,92	223.503,20	10,53	4,8	11,24	4,5	739	
14:27	236	142.961,54	223.423,48	10,56	4,5	11,26	4,5	807	
14:30	237	142.946,22	223.264,03	10,54	4,5	11,27	4,3	955	
14:31	238	142.937,95	223.162,06	10,50	4,2	11,21	4,2	1052	
14:33	239	142.930,84	223.058,23	10,53	4,2	11,19	4,2	1152	
14:34	240	142.927,22	222.963,66	10,50	4,2	11,20	4,2	1244	
14:36	241	142.941,29	223.054,50			11,21	4,2	1158	
14:46	242	142.971,43	223.861,09	10,71	4,6	11,35	4,6	426	
14:49	243	142.977,05	223.722,01	10,68	5,0	11,35	4,7	542	
14:50	244	142.973,49	223.666,38	10,60	4,4	11,27	4,3	589	
14:52	245	142.966,42	223.592,22	10,67	3,9	11,35	4,0	652	
14:54	246	142.973,24	223.484,66	10,70	4,0	11,39	3,9	754	
14:56	247	142.970,74	223.353,01	10,57	5,3	11,28	4,6	877	
14:58	248	142.963,62	223.245,47	10,55	4,7	11,32	4,3	978	
15:00	249	142.951,91	223.173,16	10,61	4,5	11,29	4,3	1045	
15:02	250	142.935,54	223.099,01	10,64	4,2	11,33	4,1	1113	
15:03	251	142.930,80	223.032,26	10,65	4,1	11,37	4,1	1177	
15:05	252	142.927,27	222.998,89	10,62	4,2	11,33	4,1	1209	
15:06	253	142.909,91	223.048,98	10,71	4,2	11,32	4,3	1157	
15:14	254	142.958,73	223.922,30	10,76	4,8	11,46	5,3	372	
15:16	255	142.988,83	223.840,67	10,80	4,4	11,55	3,7	453	
15:17	256	143.014,27	223.749,77	10,75	4,2	11,53	3,8	540	
15:19	257	143.026,94	223.670,02	10,77	4,1	11,33	4,7	613	
15:21	258	143.031,48	223.586,57	10,66	4,8	11,38	4,4	687	hoogwater
15:23	259	143.031,34	223.486,44	10,61	4,7	11,34	4,7	776	
15:26	260	143.005,63	223.377,07	10,63	4,4	11,34	4,1	866	
15:28	261	142.986,87	223.251,00	10,73	3,9	11,43	3,9	979	
15:30	262	142.965,81	223.145,33	10,74	4,0	11,39	3,8	1075	
15:31	263	142.956,40	223.054,48	10,79	3,9	11,44	3,9	1161	
15:33	264	142.948,13	222.954,36	10,71	4,0	11,39	3,8	1257	
15:35	265	142.954,95	222.843,09	10,71	3,9	11,44	3,6	1368	
15:45	266	142.956,43	223.942,70	10,71	4,9	11,41	4,9	356	
15:46	267	142.969,14	223.887,06	10,67	4,9	11,36	4,0	405	
15:49	268	142.972,44	223.751,69	10,77	4,1	11,43	4,2	515	
15:51	269	142.951,42	223.673,83	10,78	3,8	11,46	3,9	572	
15:52	270	142.940,88	223.608,94	10,79	3,8	11,48	3,8	627	
15:54	271	142.923,30	223.497,71	10,84	3,7	11,49	3,7	725	
15:56	272	142.908,06	223.403,16	10,83	3,7	11,51	3,7	811	
15:57	273	142.859,13	223.304,95	10,82	3,7	11,50	3,8	896	
15:59	274	142.817,15	223.195,60	10,75	3,7	11,49	3,7	998	
16:02	275	129.175,56	226.711,13	10,79	3,6	11,48	3,6	13755	
16:04	276	129.524,26	226.502,05	10,81	3,6	11,57	3,6	13374	
16:05	277	142.917,05	223.171,36	10,78	3,7	11,54	3,6	1038	
16:07	278	142.934,60	223.265,90	10,80	3,7	11,51	3,6	950	
16:08	279	142.949,78	223.317,80	10,77	3,7	11,53	3,6	904	
16:10	280	142.969,67	223.419,77	10,78	3,7	11,55	3,7	814	
16:12	281	142.980,31	223.553,26	10,79	3,6	11,53	3,7	694	
16:13	282	142.996,75	223.683,04	10,81	3,6	11,52	3,7	586	
16:15	283	142.970,16	223.783,21	10,81	3,6	11,51	3,6	487	
16:16	284	142.938,90	223.861,14	10,86	3,6	11,63	3,6	405	
16:17	285	142.929,70	223.935,32	10,92	3,5	11,62	3,6	343	
16:19	286	142.976,19	223.946,38	10,90	3,5	11,62	3,6	368	
16:22	287	143.034,11	223.820,21	10,83	3,6	11,54	3,6	498	
16:23	288	143.052,61	223.753,43	10,87	3,6	11,55	3,6	560	
16:25	289	143.059,45	223.657,00	10,90	3,6	11,61	3,6	642	
16:27	290	143.046,54	223.555,03	10,92	3,6	11,62	3,6	722	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

16:32	291	142.963,34	223.892,63	10,93	3,4	11,60	3,5	397	
16:33	292	142.948,36	223.983,51	10,89	3,5	11,63	3,5	323	
16:34	293	142.972,91	224.098,44	11,04	3,5	11,63	3,6	290	
16:35	294	142.984,59	224.148,49	10,90	3,5	11,67	3,6	291	
16:36	295	143.006,78	224.231,91	10,93	3,5	11,70	3,6	314	
16:37	296	143.016,12	224.268,98	10,91	3,6	11,70	3,6	330	
16:38	297	143.030,17	224.344,99	10,96	3,5	11,70	3,7	370	
16:38	298	143.044,18	224.402,46	10,94	3,6	11,69	3,7	410	
16:39	299	143.050,08	224.471,06	10,93	3,6	11,69	3,6	454	
16:47	300	143.020,33	223.938,91	10,97	3,4	11,66	3,5	407	
16:50	301	142.927,36	223.924,20	10,94	3,4	11,66	3,5	349	
16:51	302	142.898,28	223.896,42	10,90	3,5	11,64	3,5	353	
16:52	303	142.884,34	223.894,59	10,86	3,5	11,61	3,5	347	
16:52	304	142.892,49	223.913,12	10,87	3,5	11,59	3,5	336	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:37	1	142.997,35	222.399,85	9,44	7,0	9,50	7,0	1811	
8:01	2	142.635,55	225.426,61	10,08	6,9	9,91	7,1	1242	
8:03	3	142.649,34	225.322,75	9,93	7,1	9,89	7,1	1138	
8:06	4	142.679,42	225.237,41	9,84	7,3	9,85	7,3	1052	
8:08	5	142.696,72	225.150,23	9,78	8,4	9,84	8,6	964	
8:10	6	142.722,17	225.079,73	9,73	9,8	9,80	9,6	894	
8:12	7	142.749,95	225.007,37	9,65	8,9	9,69	8,9	823	
8:13	8	142.774,24	224.929,45	9,62	10,5	9,69	10,0	748	
8:15	9	142.792,73	224.864,53	9,54	11,2	9,62	9,9	685	
8:17	10	142.823,97	224.773,62	9,43	15,1	9,62	9,7	601	
8:18	11	142.840,18	224.738,37	9,26	17,1	9,62	9,4	571	
8:20	12	142.857,55	224.697,55	9,22	17,7	9,56	9,0	536	
8:21	13	142.869,07	224.625,21	9,12	18,3	9,52	9,4	472	
8:23	14	142.881,73	224.538,04	9,04	20,1	9,61	10,8	398	
8:25	15	142.886,29	224.476,84	9,02	20,1	9,55	11,4	347	
8:26	16	142.882,72	224.410,09	9,02	21,1	9,55	11,7	291	
8:28	17	142.883,82	224.371,15	8,92	21,7	9,60	11,4	263	
8:30	18	142.861,79	224.400,85	8,87	21,4	9,57	12,1	271	
8:32	19	142.844,50	224.501,01	9,01	20,0	9,60	11,4	348	
8:33	20	142.823,73	224.603,02	8,99	19,7	9,55	11,6	436	
8:35	21	142.804,11	224.693,91	9,14	16,1	9,60	10,5	519	
8:37	22	142.790,27	224.762,54	9,25	15,7	9,69	9,4	584	
8:39	23	142.789,12	224.775,52	9,20	11,3	9,80	9,3	597	
8:41	24	142.787,97	224.779,23	9,55	11,7	9,79	9,1	600	
8:43	25	142.785,66	224.788,51	9,42	13,2	9,76	9,1	609	
8:45	26	142.787,99	224.797,78	9,33	14,2	9,63	9,4	619	
8:46	27	142.785,68	224.803,34	9,34	11,9	9,89	10,4	624	
8:49	28	142.784,53	224.810,76	9,40	14,7	9,59	10,3	631	
8:51	29	142.784,54	224.821,89	9,34	14,5	9,60	10,5	642	
8:52	30	142.784,55	224.831,16	9,33	14,6	9,60	10,6	651	
8:54	31	142.779,93	224.846,00	9,30	14,3	9,59	10,5	665	
8:56	32	142.738,29	224.972,15	9,47	13,7	9,57	13,0	787	
8:57	33	142.701,28	225.089,03	9,47	11,3	9,56	10,1	903	
8:59	34	142.672,33	225.153,97	9,59	9,8	9,69	9,6	968	
9:00	35	142.646,86	225.211,49	9,66	9,4	9,75	9,4	1027	
9:02	36	142.606,35	225.315,39	9,77	8,9	9,82	8,9	1133	
9:03	37	142.583,20	225.371,05	9,78	8,7	9,84	8,7	1190	
9:04	38	142.562,35	225.411,88	9,82	8,6	9,90	7,9	1233	
9:05	39	142.544,97	225.437,87	9,83	8,1	9,89	7,8	1261	
9:06	40	142.525,18	225.408,22	9,88	8,3	9,95	7,8	1234	
9:07	41	142.528,62	225.378,55	9,90	8,6	9,95	8,5	1204	
9:08	42	142.548,28	225.319,18	9,92	8,9	9,96	8,9	1143	
9:10	43	142.566,79	225.269,09	9,90	9,0	9,93	9,0	1091	
9:11	44	142.578,36	225.231,99	9,82	9,4	9,90	9,2	1053	laagwater
9:12	45	142.605,00	225.181,88	9,77	9,5	9,82	9,4	1000	
9:13	46	142.633,97	225.135,48	9,72	9,9	9,80	10,2	952	
9:15	47	142.659,46	225.089,09	9,61	12,6	9,79	10,0	904	
9:16	48	142.682,64	225.051,97	9,54	12,5	9,70	10,2	866	
9:17	49	142.703,50	225.016,71	9,48	12,3	9,69	10,4	831	
9:18	50	142.717,41	224.998,14	9,46	11,8	9,61	10,4	812	
9:19	51	142.726,68	224.983,30	9,47	11,6	9,56	10,5	798	
9:20	52	142.740,62	224.983,28	9,48	11,8	9,58	10,4	798	
9:23	53	142.718,74	225.113,11	9,59	11,9	9,68	10,3	927	
9:25	54	142.675,91	225.220,72	9,77	9,3	9,69	9,2	1035	
9:27	55	142.619,13	225.319,08	9,71	9,2	9,81	9,1	1136	
9:28	56	142.592,48	225.363,62	9,76	9,2	9,85	9,0	1182	
9:29	57	142.572,80	225.410,01	9,80	9,2	9,94	8,8	1230	
9:30	58	142.586,72	225.397,01	9,93	9,2	9,87	9,1	1216	
9:31	59	142.583,18	225.354,37	9,76	9,2	9,89	8,9	1174	
9:32	60	142.583,12	225.313,57	9,77	9,5	9,83	9,3	1133	
9:33	61	142.592,34	225.261,64	9,72	9,8	9,85	9,3	1081	
9:34	62	142.614,33	225.205,97	9,72	10,0	9,79	9,7	1023	
9:35	63	142.647,93	225.146,59	9,64	11,6	9,75	10,4	962	
9:37	64	142.686,16	225.074,22	9,61	11,5	9,67	10,5	888	
9:38	65	142.709,33	225.031,53	9,57	11,1	9,64	10,8	846	
9:40	66	142.740,63	224.985,13	9,51	11,6	9,59	10,2	800	
9:41	67	142.753,38	224.970,28	9,51	11,6	9,59	10,2	786	
9:43	68	142.754,54	224.968,42	9,38	14,1	9,46	10,2	785	
9:45	69	142.869,23	224.740,18	9,33	14,6	9,52	10,3	581	
9:47	70	142.761,51	224.964,70	9,30	14,2	9,63	10,7	781	
9:49	71	142.754,61	225.016,64	9,61	10,7	9,55	11,3	833	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

9:53	72	142.682,84	225.196,61	9,71	10,2	9,74	10,6	1011	
9:54	73	142.626,11	225.320,93	9,73	9,4	9,78	9,2	1137	
9:56	74	142.604,16	225.404,40	9,97	9,2	9,89	9,0	1222	
9:58	75	142.570,52	225.441,54	9,94	9,1	9,99	8,6	1262	
9:59	76	142.580,88	225.372,91	9,85	9,3	9,96	8,9	1192	
10:01	77	142.603,98	225.278,31	9,89	9,6	9,91	9,3	1096	
10:02	78	142.638,70	225.192,96	9,75	11,0	9,86	10,7	1009	
10:04	79	142.671,11	225.115,03	9,66	11,0	9,76	11,0	929	
10:05	80	142.704,70	225.044,52	9,69	10,5	9,71	10,5	859	
10:07	81	142.740,59	224.959,17	9,55	11,9	9,65	11,5	774	
10:09	82	142.761,45	224.925,76	9,40	14,0	9,57	10,5	743	
10:11	83	142.771,90	224.918,33	9,29	15,2	9,56	10,9	736	
10:13	84	142.774,21	224.912,77	9,27	15,6	9,59	10,9	731	
10:15	85	142.776,53	224.907,20	9,25	15,7	9,58	11,1	726	
10:17	86	142.807,78	224.823,71	9,23	15,9	9,45	15,3	647	
10:19	87	142.837,87	224.745,79	9,16	17,3	9,31	17,0	577	
10:20	88	142.851,76	224.706,83	9,07	17,8	9,29	17,0	544	
10:21	89	142.881,88	224.647,45	9,09	17,7	9,20	16,8	497	
10:22	90	142.895,76	224.606,63	9,07	18,9	9,14	18,0	466	
10:23	91	142.920,08	224.547,26	8,92	19,9	9,03	17,2	425	
10:25	92	142.919,97	224.471,23	8,85	20,9	9,24	15,5	362	
10:26	93	142.919,86	224.389,64	8,85	20,9	9,28	18,8	302	
10:29	94	142.875,80	224.447,19	8,91	19,7	9,08	16,0	317	
10:30	95	142.853,83	224.525,10	8,94	19,3	9,19	16,9	374	
10:33	96	142.826,08	224.616,00	8,99	18,5	9,21	16,9	449	
10:39	97	142.713,80	224.909,14	9,47	12,6	9,72	10,6	723	
10:41	98	142.688,36	224.990,77	9,75	10,8	9,84	9,9	805	
10:43	99	142.662,96	225.096,50	9,96	9,6	10,07	9,4	911	
10:44	100	142.632,88	225.185,55	10,13	9,0	10,23	8,9	1002	
10:46	101	142.612,08	225.261,61	10,17	7,5	10,20	7,7	1079	
10:48	102	142.593,61	225.339,52	10,12	7,3	10,16	7,4	1158	
10:50	103	142.573,92	225.376,63	10,06	7,2	10,10	7,2	1197	
10:52	104	142.572,64	225.293,19	10,13	7,2	10,15	7,3	1114	
10:54	105	142.602,73	225.215,26	10,20	7,5	10,24	7,6	1033	
10:55	106	142.620,06	225.155,90	10,28	8,6	10,34	8,4	973	
10:56	107	142.649,00	225.083,54	10,15	9,2	10,24	8,9	899	
10:58	108	142.686,07	225.014,88	9,73	11,5	10,16	9,9	829	
11:00	109	142.709,20	224.936,96	9,41	14,5	9,96	9,4	751	
11:01	110	142.719,54	224.855,36	9,36	15,0	9,58	11,9	670	
11:03	111	142.729,90	224.790,44	9,23	16,6	9,62	11,0	605	
11:05	112	142.757,65	224.693,98	9,16	17,2	9,35	15,2	512	
11:07	113	142.800,48	224.590,08	9,09	17,9	9,24	16,8	417	
11:09	114	142.835,23	224.512,15	9,02	19,1	9,31	15,0	354	
11:10	115	142.847,88	224.424,98	8,92	20,5	9,62	16,4	283	
11:12	116	142.867,53	224.352,63	8,88	20,5	9,41	12,8	239	
11:14	117	142.872,12	224.308,12	8,85	21,6	9,27	16,7	214	
11:16	118	142.875,76	224.421,23	8,94	19,6	9,37	13,1	296	
11:18	119	142.878,28	224.567,72	9,02	17,9	9,37	16,1	423	
11:20	120	142.851,68	224.653,05	9,09	17,8	9,24	17,4	492	
11:22	121	142.826,23	224.730,97	9,08	17,4	9,23	16,3	560	
11:24	122	142.801,93	224.799,61	9,16	16,8	9,37	16,4	623	
11:26	123	142.778,85	224.907,20	9,18	16,6	9,80	10,3	726	
11:28	124	142.756,93	225.012,92	9,34	15,0	9,55	13,9	829	
11:30	125	142.718,75	225.120,53	9,69	7,7	9,66	7,9	935	
11:32	126	142.689,83	225.211,43	9,82	7,3	9,82	7,4	1025	
11:34	127	142.657,46	225.317,17	9,74	7,1	9,78	7,1	1132	
11:36	128	142.628,52	225.383,97	9,78	7,1	9,79	7,1	1200	
11:37	129	142.583,29	225.434,10	9,83	7,1	9,78	7,1	1253	
11:39	130	142.583,19	225.361,78	9,74	7,1	9,80	7,1	1181	
11:41	131	142.602,78	225.254,20	9,81	7,1	9,83	7,1	1072	
11:43	132	142.587,54	225.157,80	9,80	7,1	9,84	7,1	978	
11:44	133	142.601,42	225.111,42	9,92	7,1	9,87	7,1	930	
11:46	134	142.636,09	224.992,70	9,84	7,1	9,98	7,3	809	
11:47	135	142.660,40	224.929,61	9,91	7,1	9,98	7,4	744	
11:49	136	142.699,74	224.820,15	9,64	13,7	10,01	7,8	634	
11:51	137	142.739,10	224.721,82	9,43	15,2	10,06	10,0	538	
11:53	138	142.771,48	224.616,08	9,23	17,0	9,61	14,0	437	
11:55	139	142.806,16	224.495,50	9,18	16,8	9,34	15,9	328	
11:56	140	142.826,96	224.415,73	9,15	17,0	9,33	16,2	264	
11:58	141	142.850,08	224.330,40	8,96	20,6	9,21	16,5	211	
12:00	142	142.865,04	224.226,54	8,98	19,9	9,19	18,6	174	
12:03	143	142.829,11	224.285,93	8,86	21,5	9,25	17,1	166	
12:05	144	142.823,44	224.386,07	8,87	20,1	9,17	15,9	237	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

12:07	145	142.820,01	224.426,87	9,07	17,0	9,37	15,6	271	
12:09	146	142.788,78	224.527,04	9,20	16,4	9,62	10,6	353	
12:10	147	142.784,20	224.577,12	9,67	8,1	9,81	7,8	401	
12:11	148	142.779,62	224.621,63	9,82	7,4	9,84	7,5	444	
12:12	149	142.766,88	224.653,17	9,82	7,3	9,90	7,6	472	
12:14	150	142.732,15	224.736,66	10,00	7,4	10,00	7,5	552	
12:16	151	142.698,61	224.844,26	9,92	7,1	9,92	7,2	658	
12:20	152	142.645,36	224.975,99	9,80	7,1	9,84	7,2	792	
12:21	153	142.615,22	225.018,69	9,80	7,1	9,81	7,1	837	
12:23	154	142.571,24	225.126,30	9,81	7,1	9,81	7,1	949	
12:29	155	142.498,36	225.335,94	9,85	7,1	9,85	7,1	1167	
12:31	156	142.616,74	225.272,73	9,89	7,1	9,89	7,1	1090	
12:32	157	142.714,15	225.159,48	9,87	7,1	9,87	7,1	974	
12:35	158	142.787,16	225.036,99	9,83	7,1	9,86	7,1	856	
12:37	159	142.854,36	224.908,95	9,79	7,1	9,82	7,1	740	
12:39	160	142.883,23	224.784,67	9,77	7,1	9,81	7,1	627	
12:40	161	142.898,17	224.667,82	9,79	7,1	9,81	7,1	522	
12:43	162	142.932,78	224.495,32	9,82	7,1	9,81	7,1	389	
12:44	163	142.929,17	224.398,90	9,81	7,1	9,88	7,3	315	
12:45	164	142.938,38	224.341,41	9,84	7,2	9,88	7,2	288	
12:48	165	142.886,00	224.265,45	9,44	15,0	9,76	14,5	206	
12:49	166	142.843,14	224.354,52	9,36	10,3	9,56	8,5	223	
12:50	167	142.838,52	224.376,78	9,71	8,1	9,79	7,9	238	
12:50	168	142.831,59	224.399,04	9,84	7,7	9,81	7,7	252	
12:51	169	142.824,65	224.425,01	9,78	7,5	9,81	7,5	271	
12:53	170	142.813,11	224.482,51	9,75	7,2	9,79	7,2	319	
12:55	171	142.809,70	224.534,43	9,81	7,1	9,84	7,1	366	
12:56	172	142.802,79	224.575,24	9,83	7,1	9,87	7,1	404	
12:59	173	142.783,15	224.658,71	9,89	7,1	9,92	7,1	481	
13:00	174	142.836,55	224.628,97	9,89	7,1	9,93	7,1	465	
13:03	175	142.886,28	224.467,57	9,85	7,1	9,91	7,1	340	
13:05	176	142.912,75	224.283,96	9,84	7,1	9,90	7,1	238	
13:06	177	142.891,82	224.271,01	9,90	7,1	9,89	7,1	213	
13:08	178	142.864,05	224.350,78	9,95	7,1	9,91	7,1	235	
13:10	179	142.840,91	224.419,42	9,91	7,1	9,92	7,1	275	
13:11	180	142.825,86	224.458,38	9,99	7,1	9,96	7,1	302	
13:14	181	142.884,91	224.315,52	9,99	7,1	9,98	7,1	229	
13:16	182	142.884,73	224.182,01	9,68	14,3	9,70	13,3	188	
13:17	183	142.889,22	224.068,89	9,51	13,9	9,66	13,6	226	
13:18	184	142.883,33	224.009,56	9,38	15,9	9,58	13,6	257	
13:19	185	142.864,74	224.009,58	9,39	16,0	9,62	12,6	244	
13:19	186	142.860,12	224.029,99	9,39	15,4	9,56	14,3	226	
13:20	187	142.859,02	224.072,64	9,44	14,2	9,57	14,0	198	
13:21	188	142.863,72	224.109,72	9,70	13,5	9,50	13,3	184	
13:21	189	142.862,62	224.154,22	9,52	13,9	9,60	12,9	169	
13:22	190	142.869,62	224.178,32	9,55	14,9	9,63	14,4	173	
13:41	191	143.116,27	224.446,87	10,37	6,8	10,42	6,9	494	
13:43	192	143.070,78	224.313,41	10,33	6,9	10,34	6,9	396	
13:45	193	143.018,27	224.135,47	10,37	6,9	10,29	6,9	326	
13:47	194	142.987,88	224.002,00	10,24	6,9	10,29	6,9	345	
13:50	195	142.916,89	223.909,38	10,06	9,4	10,10	8,1	354	
13:51	196	142.908,70	223.870,45	9,94	9,8	10,15	7,5	380	
13:51	197	142.931,88	223.831,48	9,92	8,8	10,18	8,5	426	
13:52	198	142.956,22	223.781,38	10,03	8,7	10,13	7,7	481	
13:53	199	142.957,31	223.733,16	9,92	9,6	10,10	8,7	523	
13:54	200	142.958,43	223.701,64	9,88	9,6	10,07	9,2	551	
13:55	201	142.946,76	223.662,71	9,92	9,0	10,05	8,2	580	
13:56	202	142.929,26	223.610,82	9,92	8,9	10,10	8,2	621	
13:57	203	142.911,73	223.534,81	9,82	8,2	10,00	8,1	686	
13:58	204	142.894,23	223.484,77	9,96	7,9	10,04	7,8	729	
14:00	205	142.884,85	223.418,03	10,01	7,6	10,07	7,6	791	
14:01	206	142.883,58	223.338,29	10,05	7,5	10,12	7,6	868	
14:02	207	142.886,98	223.275,24	10,08	7,5	10,12	7,5	931	
14:03	208	142.879,91	223.206,64	10,06	7,5	10,14	7,4	996	
14:04	209	142.885,64	223.151,00	10,05	7,5	10,12	7,5	1052	
14:06	210	142.902,97	223.073,10	9,95	7,5	10,08	7,5	1132	
14:08	211	142.910,97	222.978,52	9,92	7,6	10,07	7,5	1226	
14:12	212	142.969,36	223.189,83	10,17	7,6	10,20	7,6	1033	
14:14	213	142.993,83	223.241,72	10,13	7,6	10,19	7,6	990	
14:18	214	142.994,03	223.390,06	10,13	7,6	10,19	7,6	850	
14:21	215	142.997,74	223.555,09	10,15	7,9	10,21	7,8	699	
14:23	216	142.989,70	223.623,71	10,13	8,0	10,22	7,9	634	
14:24	217	142.982,87	223.731,27	10,12	8,3	10,26	7,7	537	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

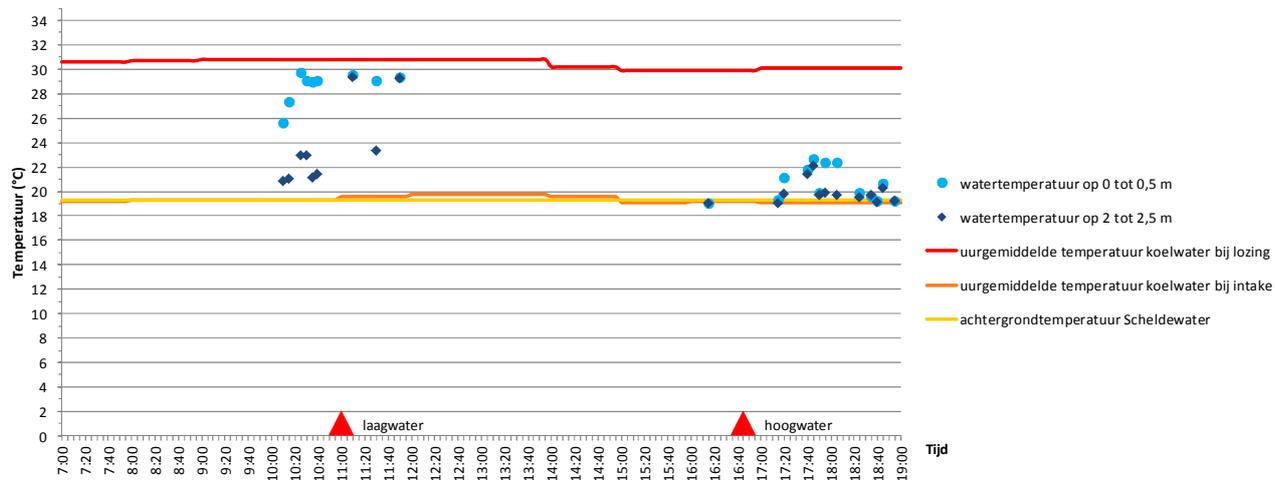
14:27	218	142.963,26	223.835,14	10,13	8,6	10,20	8,4	441	
14:29	219	142.922,71	223.916,79	10,06	8,7	10,09	8,8	352	
14:30	220	142.922,68	223.896,39	10,04	8,5	10,06	8,3	368	
14:32	221	142.949,31	223.827,74	10,13	8,3	10,23	7,6	439	
14:33	222	142.963,17	223.766,53	10,12	7,8	10,25	7,6	497	
14:34	223	142.963,10	223.720,17	10,23	7,5	10,24	7,5	537	
14:35	224	142.938,62	223.659,01	10,17	7,5	10,28	7,4	580	
14:37	225	142.915,29	223.588,58	10,17	7,3	10,23	7,3	636	
14:38	226	142.910,54	223.514,42	10,18	7,3	10,29	7,2	705	
14:40	227	142.894,16	223.430,99	10,27	7,2	10,30	7,1	781	
14:42	228	142.841,76	223.347,62	10,19	7,3	10,24	7,3	851	
14:44	229	142.869,49	223.230,76	10,19	7,3	10,25	7,2	971	
14:46	230	142.897,21	223.110,19	10,20	7,2	10,28	7,1	1094	
14:48	231	142.931,93	223.010,01	10,21	7,1	10,25	7,1	1199	
14:50	232	142.936,67	223.078,61	10,26	7,1	10,36	7,0	1133	
14:52	233	142.942,59	223.156,49	10,26	7,1	10,37	7,0	1059	hoogwater
14:55	234	142.970,77	223.371,55	10,32	7,1	10,39	7,0	859	
14:58	235	142.995,40	223.543,97	10,39	7,0	10,42	7,0	708	
15:00	236	142.968,95	223.747,98	10,38	7,0	10,44	7,0	516	
15:02	237	142.950,48	223.837,01	10,37	7,0	10,42	7,0	432	
15:03	238	142.891,28	223.874,18	10,35	7,1	10,50	7,0	368	
15:04	239	142.861,06	223.863,10	10,33	7,0	10,58	6,9	363	
15:05	240	142.835,51	223.870,55	10,33	7,1	10,56	6,9	345	
15:05	241	142.852,94	223.877,94	10,34	7,0	10,46	7,0	346	
15:06	242	142.868,07	223.892,76	10,37	7,0	10,48	7,0	340	
15:07	243	142.934,23	223.844,45	10,43	7,0	10,48	7,0	416	
15:10	244	142.962,00	223.760,97	10,44	7,0	10,42	7,1	501	
15:12	245	142.940,95	223.664,57	10,36	7,0	10,42	7,1	576	
15:14	246	142.917,61	223.584,87	10,42	7,0	10,45	7,0	641	
15:16	247	142.907,02	223.492,17	10,41	7,0	10,48	7,0	725	
15:18	248	142.872,03	223.390,23	10,45	6,9	10,48	7,0	815	
15:20	249	142.868,36	223.258,58	10,43	6,9	10,46	7,0	943	
15:22	250	142.878,69	223.162,14	10,41	6,9	10,45	6,9	1040	
15:25	251	142.899,43	223.037,87	10,41	6,9	10,46	6,9	1166	
15:30	252	142.958,97	223.243,62	10,40	7,0	10,48	7,0	978	
15:33	253	142.960,50	223.510,64	10,42	7,0	10,50	7,0	725	
15:36	254	142.979,31	223.671,94	10,42	7,0	10,49	7,0	587	
15:39	255	142.981,90	223.875,91	10,42	7,0	10,50	7,0	422	
15:41	256	142.979,77	224.020,55	10,43	7,1	10,54	7,1	328	
15:43	257	143.020,66	224.187,39	10,47	7,1	10,53	7,1	324	
15:45	258	143.045,29	224.361,66	10,48	7,1	10,54	7,1	391	
15:47	259	143.071,11	224.560,04	10,48	7,1	10,55	7,2	529	
15:49	260	143.086,46	224.743,60	10,48	7,1	10,55	7,2	681	
15:51	261	143.094,83	224.927,17	10,48	7,2	10,55	7,2	841	
15:53	262	143.081,14	225.116,33	10,49	7,2	10,55	7,2	1007	
15:55	263	143.048,85	225.288,82	10,46	7,3	10,59	7,3	1158	
15:57	264	143.013,08	225.465,03	10,89	6,7	10,89	6,7	1318	
15:58	265	142.989,97	225.550,36	10,86	6,6	10,94	6,6	1396	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

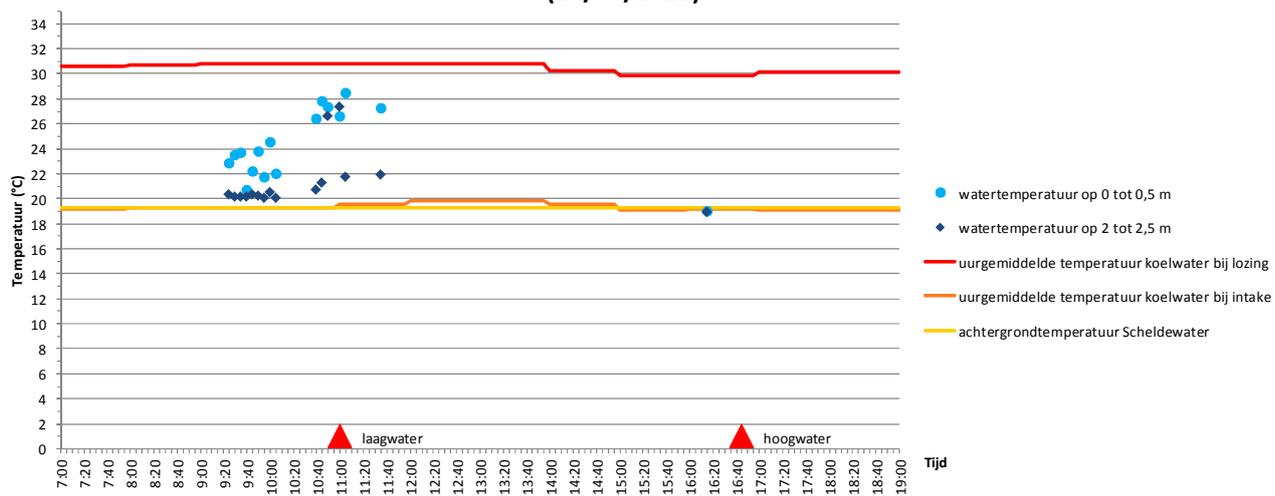
Bijlage 3 Grafische voorstelling van het temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (afzonderlijke monitoringscampagnes)

Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 1)

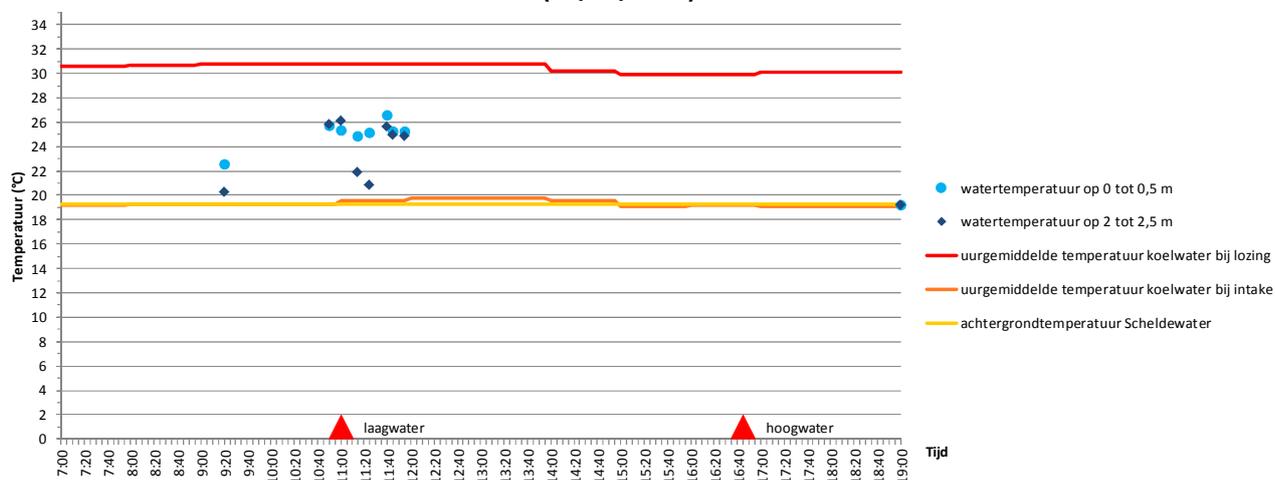
Temperatuurverloop (over 12h) op 450-550 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)



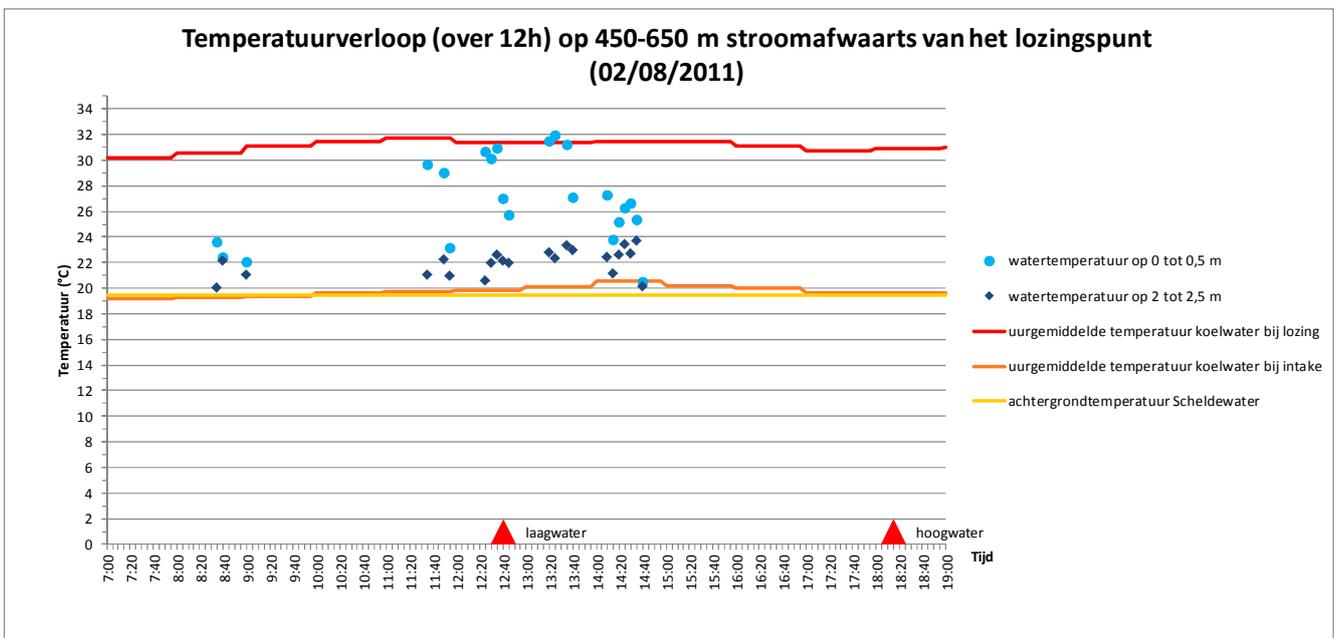
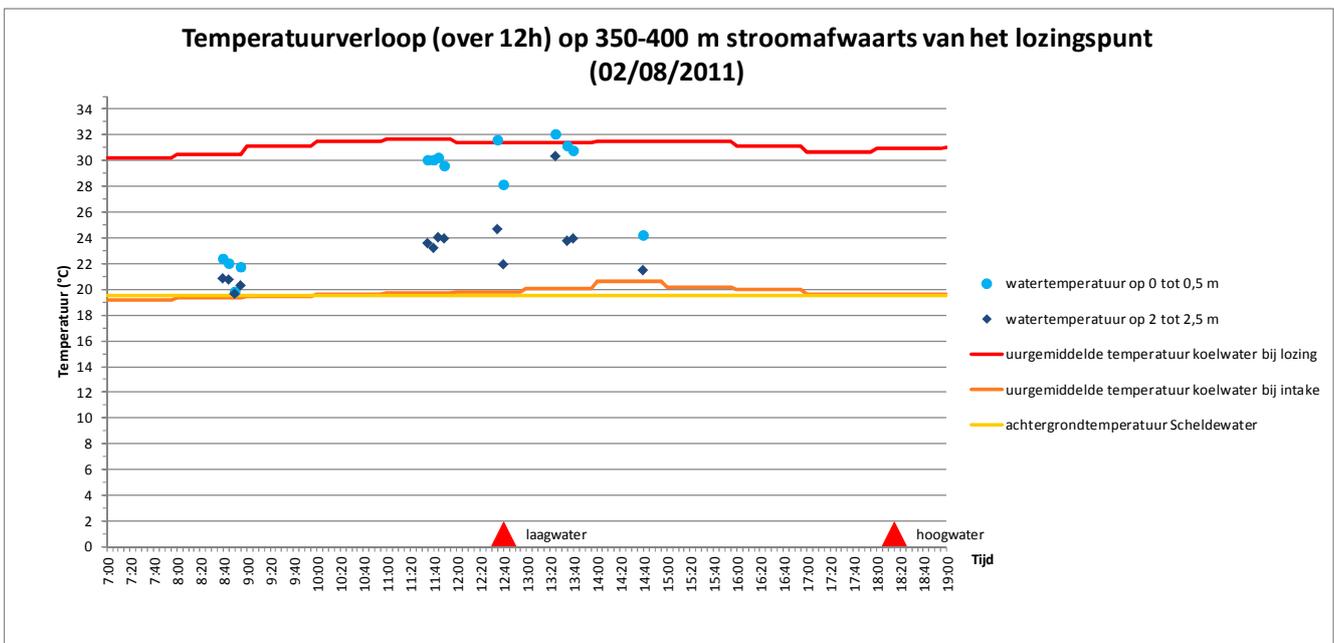
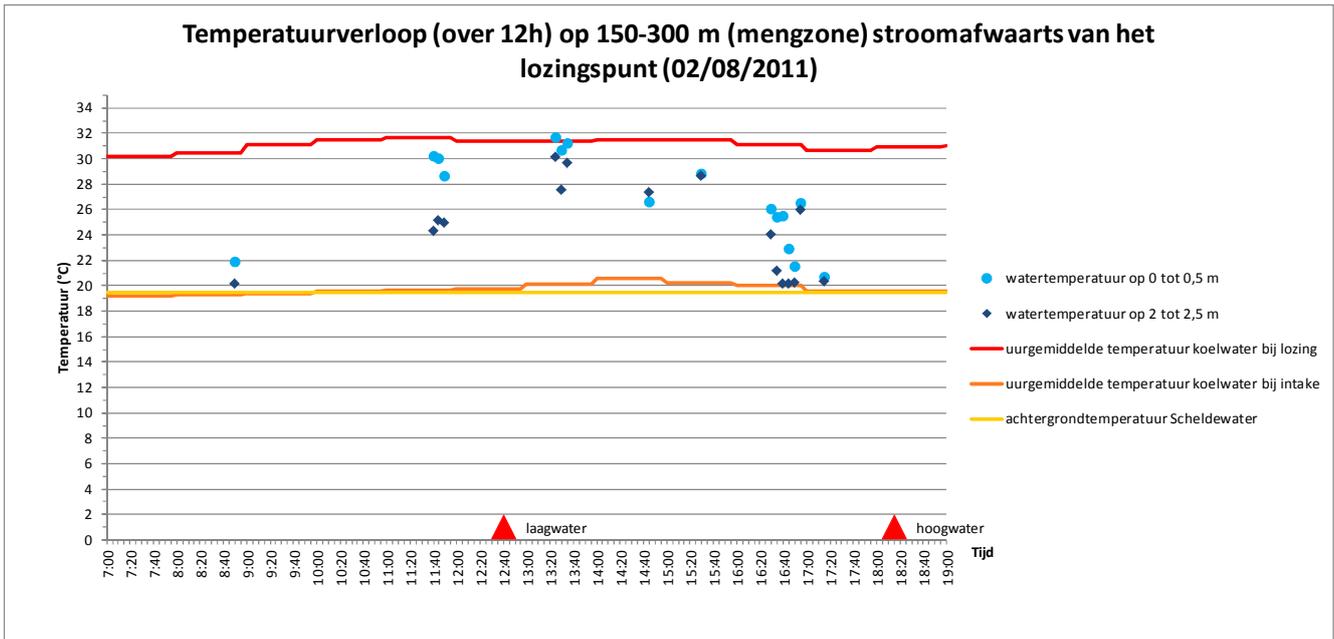
Temperatuurverloop (over 12h) op 600-750 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)



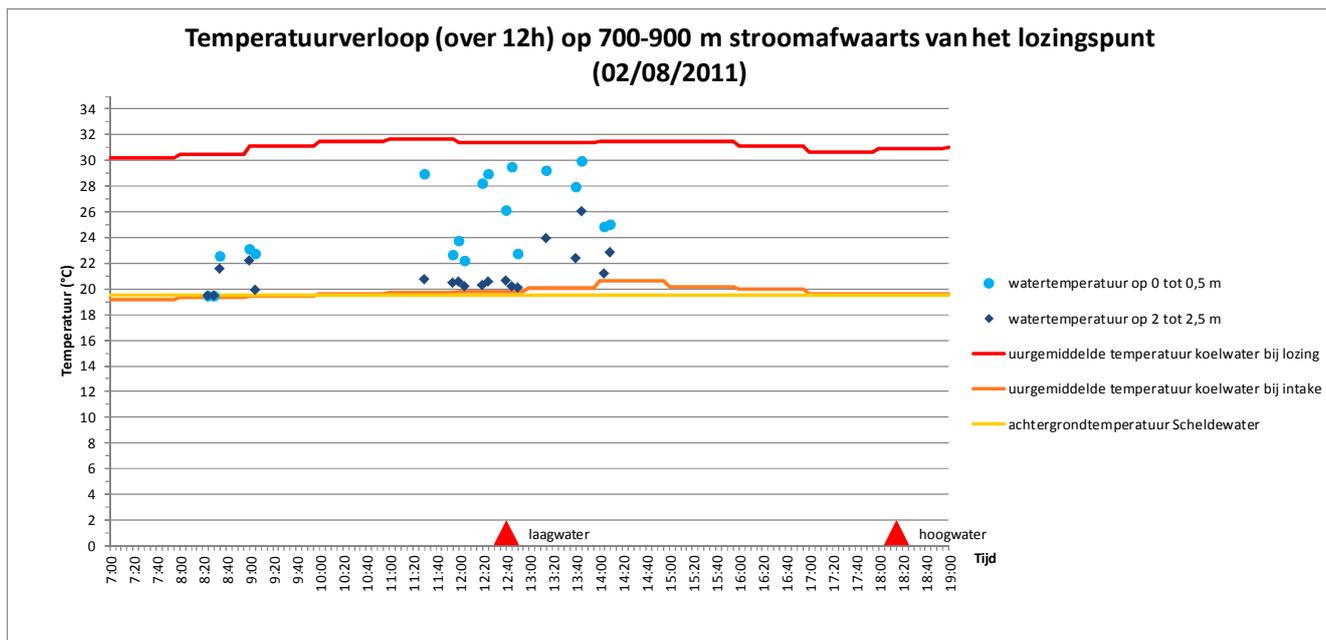
Temperatuurverloop (over 12h) op 850-950 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)



Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 2)

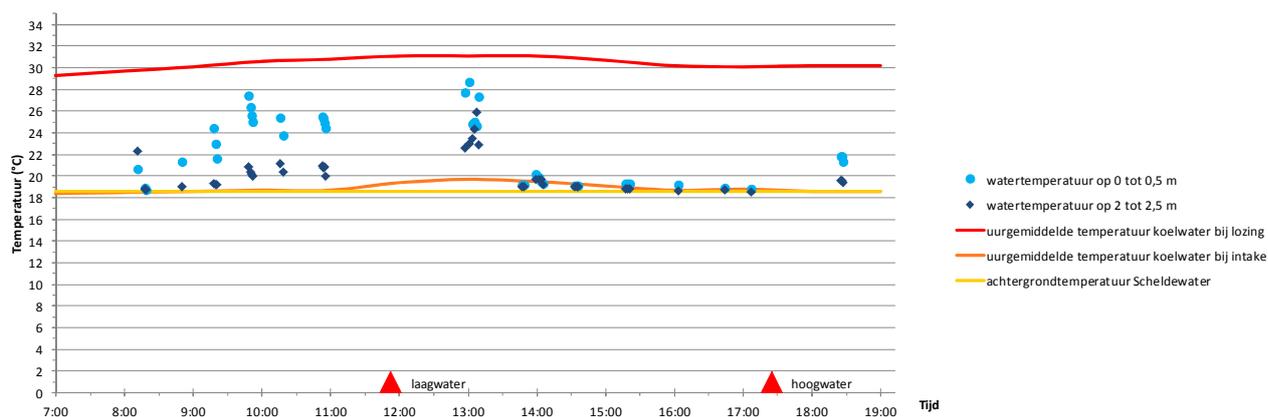


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 2)

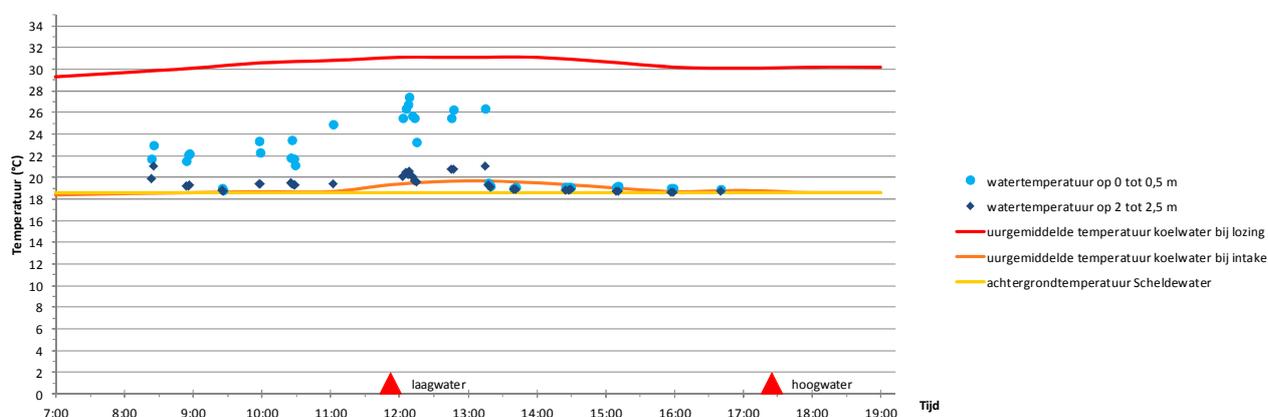


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 3)

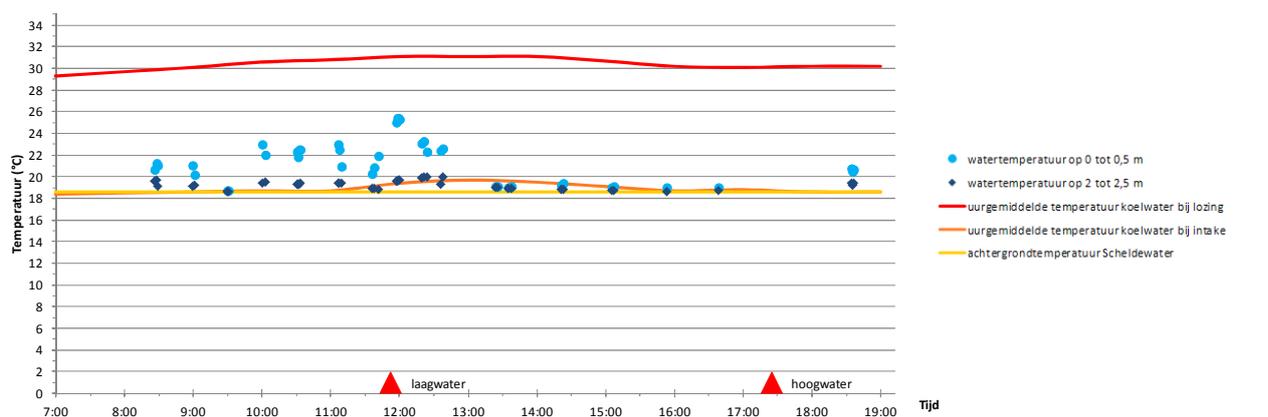
Temperatuurverloop (over 12h) op 300-450 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)



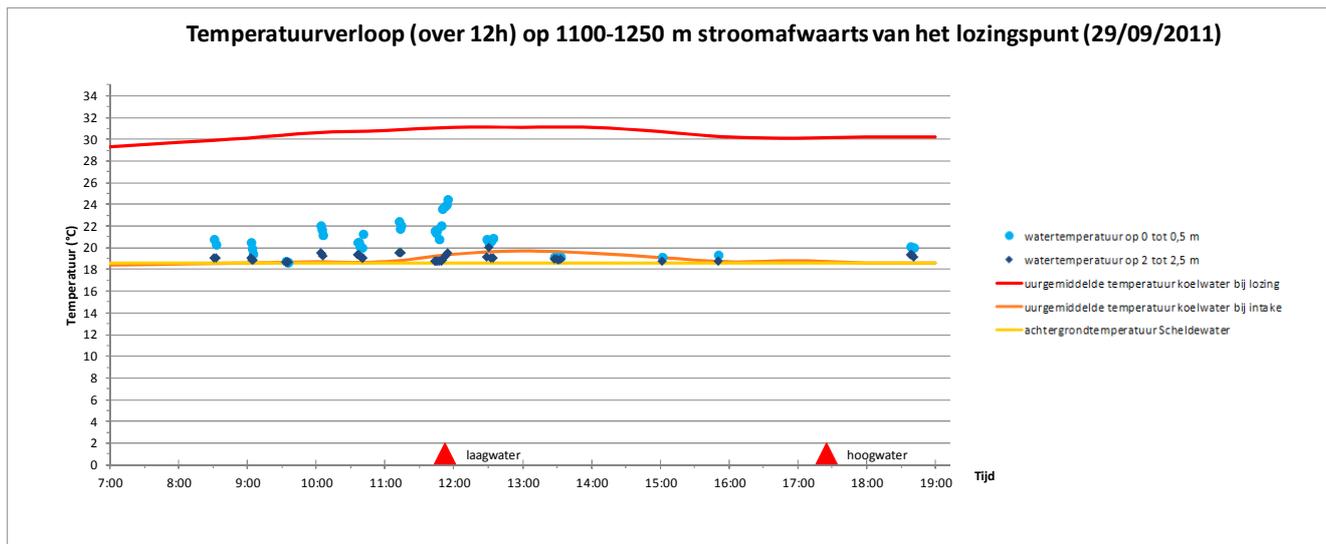
Temperatuurverloop (over 12h) op 650-800 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)



Temperatuurverloop (over 12h) op 900-1000 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)

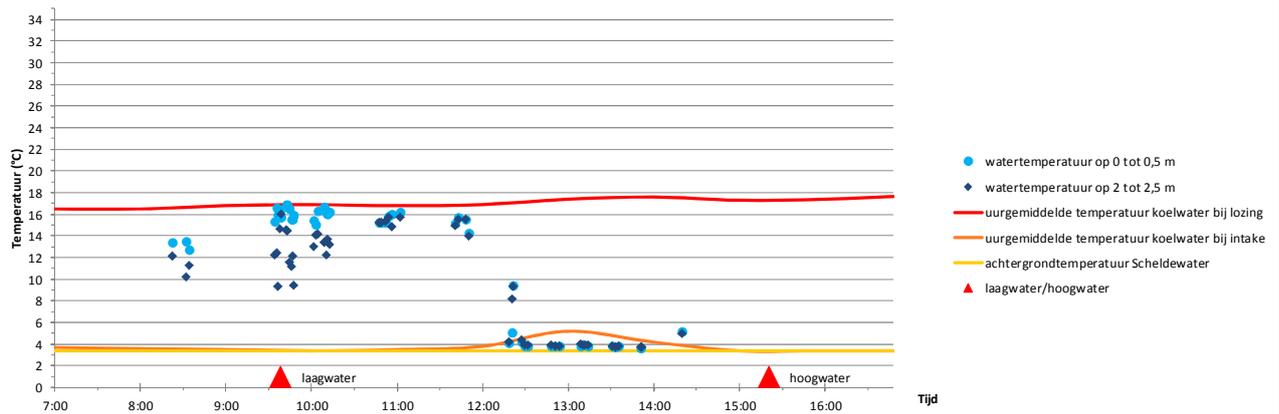


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 3)

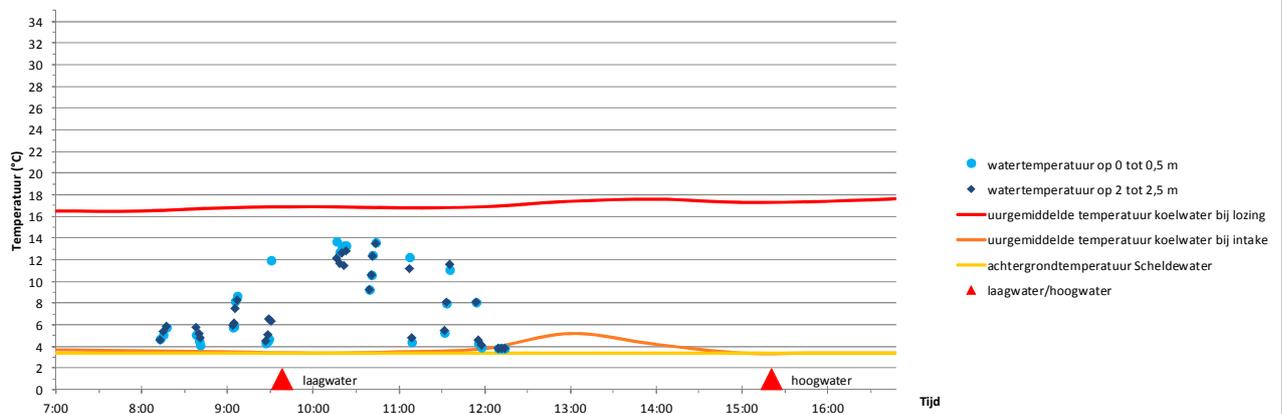


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 4)

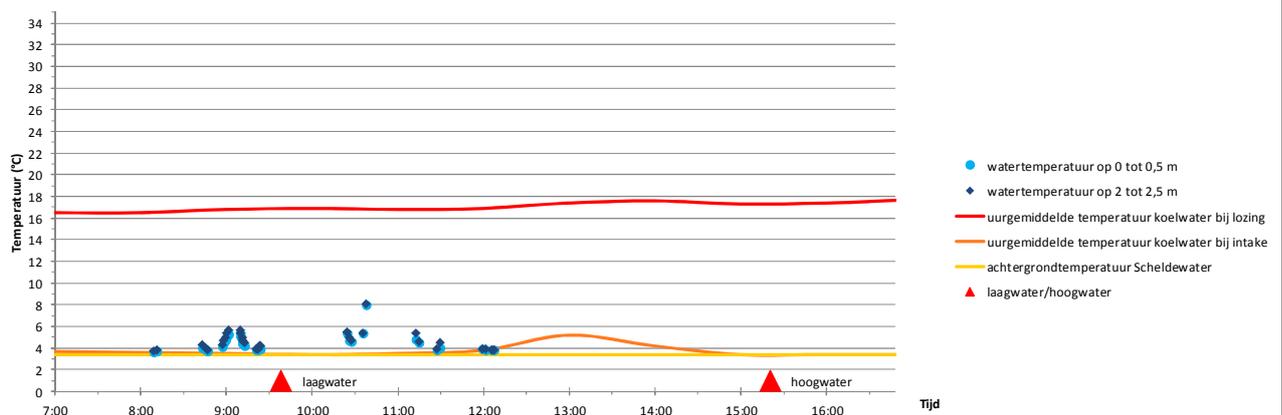
Temperatuurverloop (over 12 h) op 300-500 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)



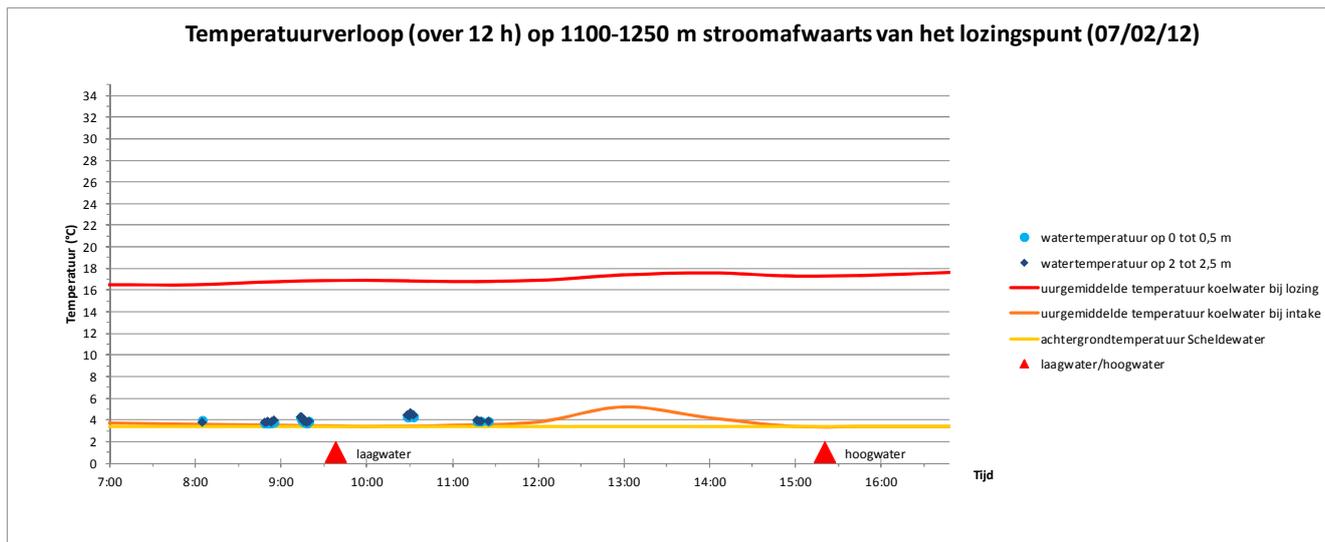
Temperatuurverloop (over 12 h) op 600-800 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)



Temperatuurverloop (over 12 h) op 850-1000 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)

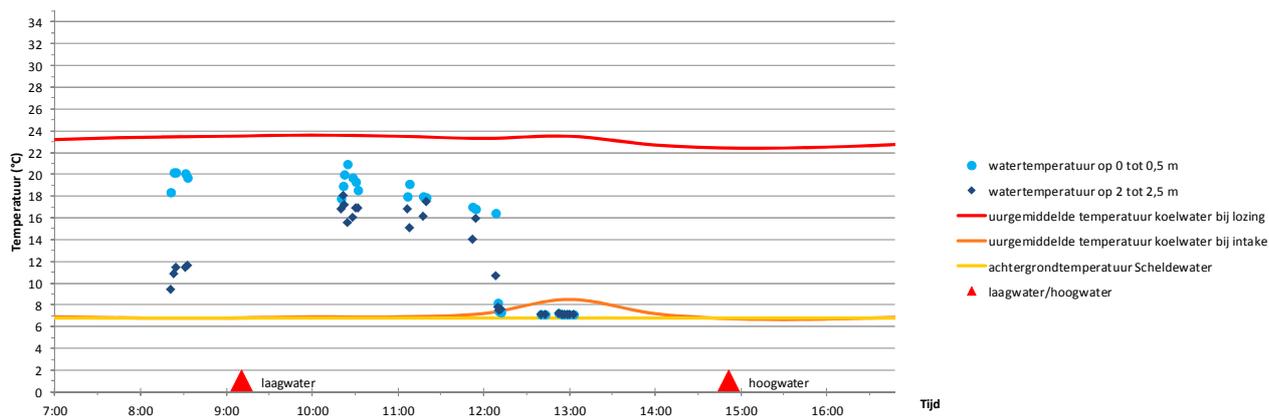


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 4)

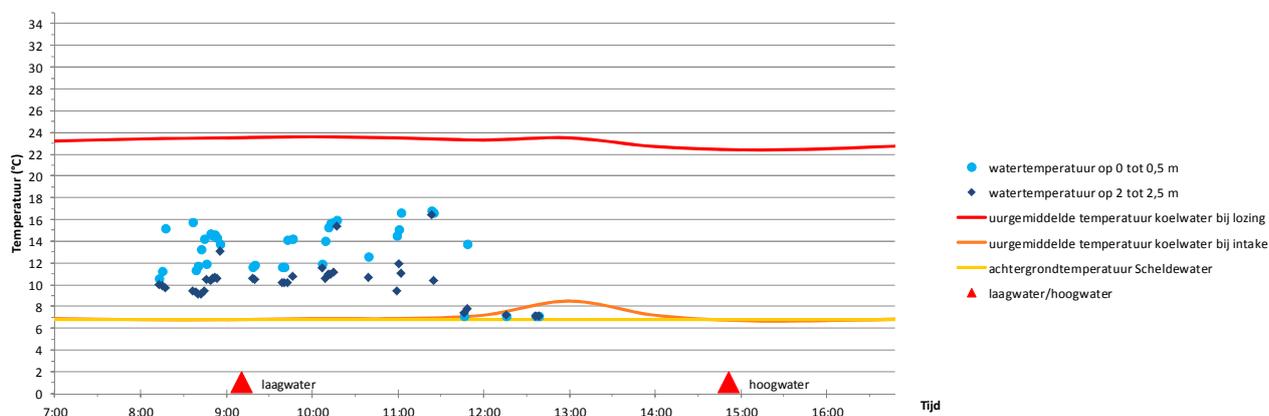


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 5)

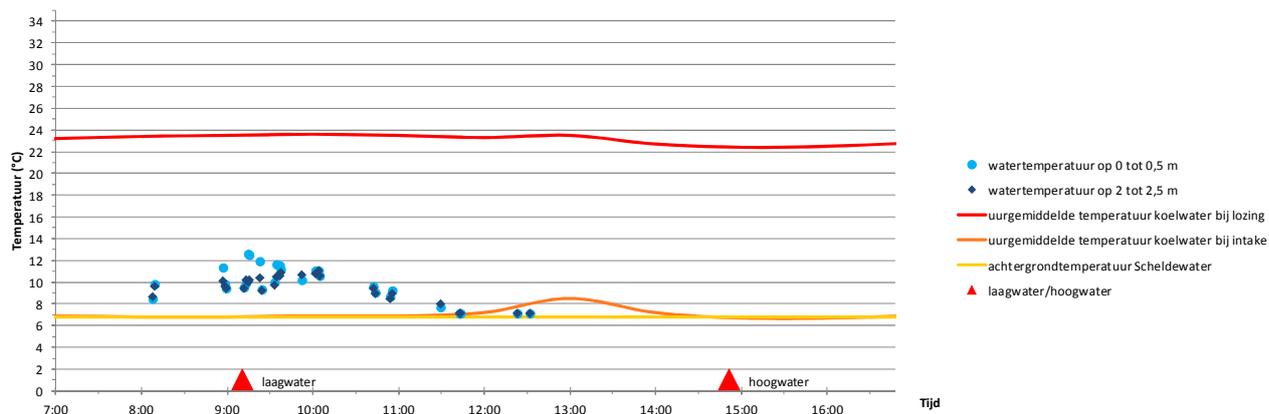
Temperatuurverloop (over 12 h) op 300-500 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/03/12)



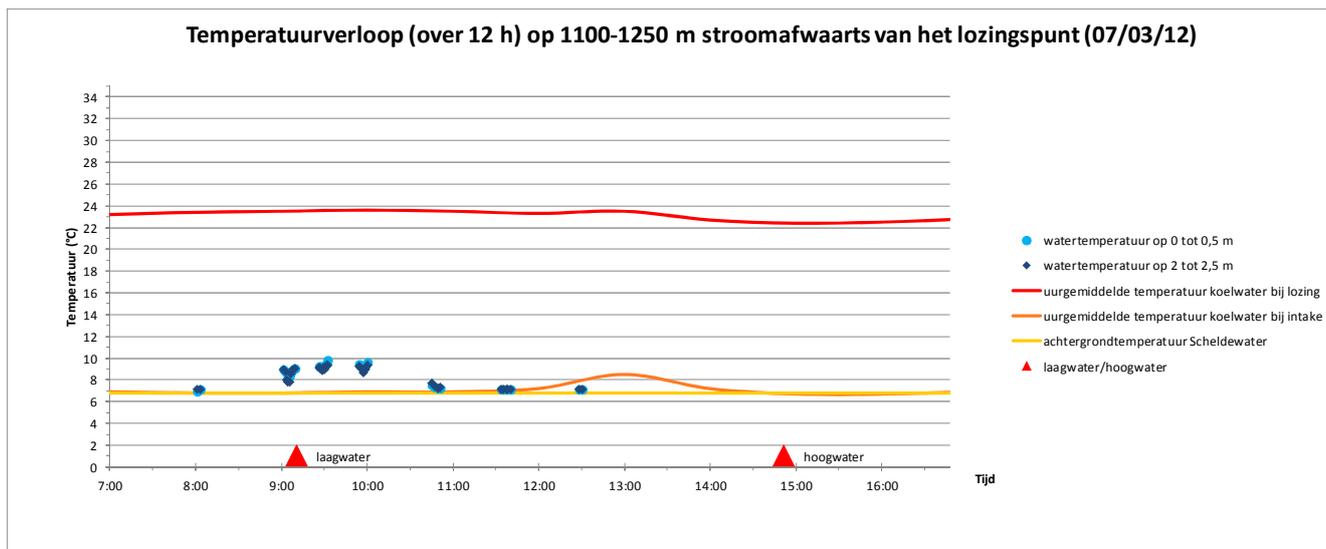
Temperatuurverloop (over 12 h) op 600-800 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/03/12)



Temperatuurverloop (over 12 h) op 850-1000 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/03/12)

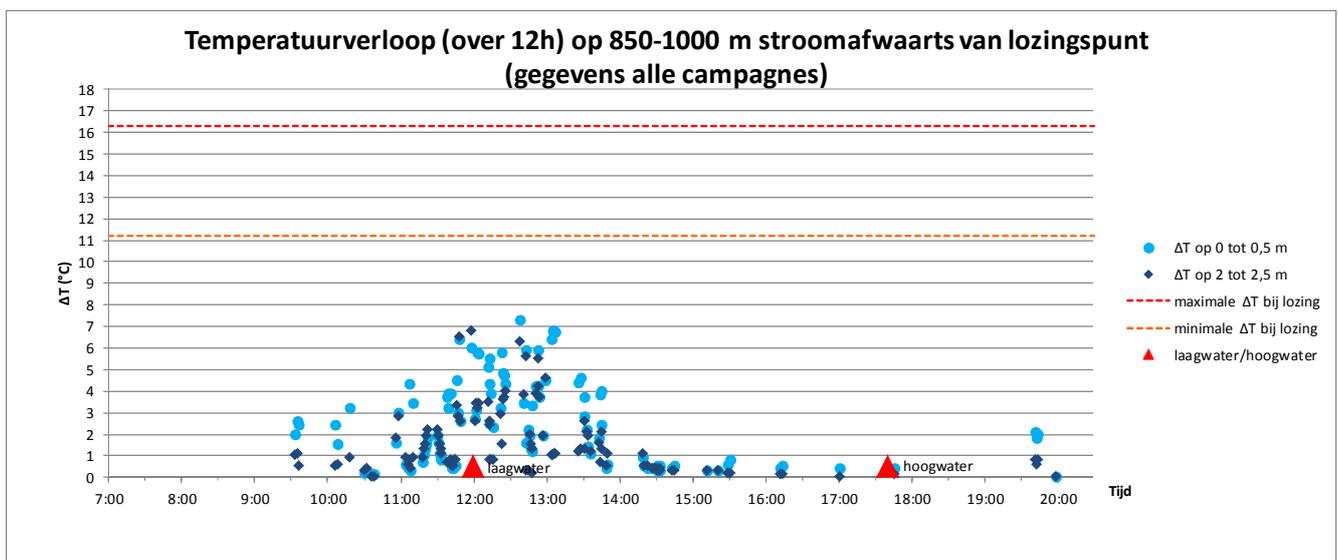
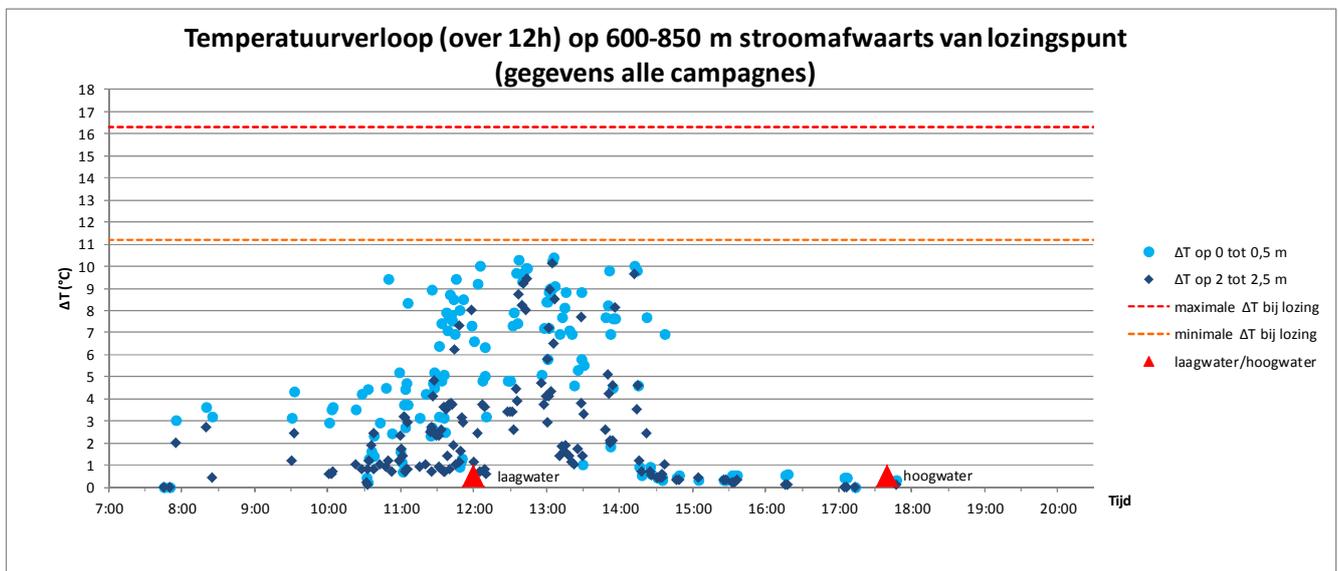
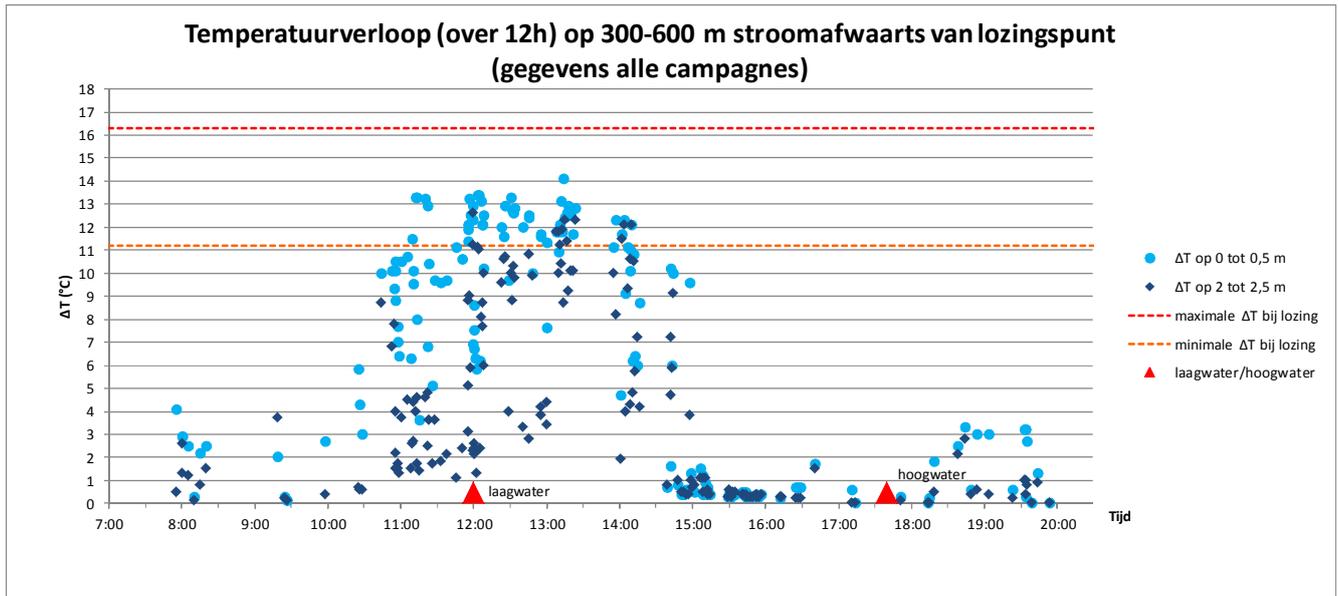


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 5)

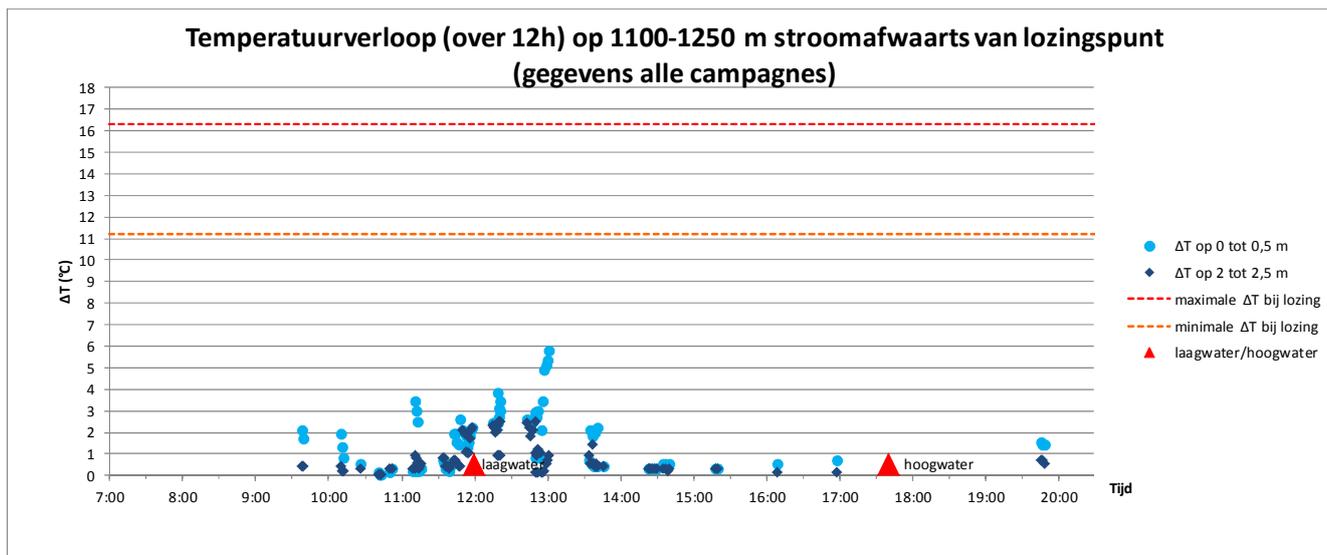


Bijlage 4 Grafische voorstelling van het temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle monitoringscampagnes)

Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle meetcampagnes)



Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle meetcampagnes)



Kantoren		www.arcadisbelgium.be
Antwerpen - Berchem Posthofbrug 12 B-2600 Berchem T +32 3 360 83 00 F +32 3 360 83 01	Hasselt Eurostraat 1 – bus 1 B-3500 Hasselt T +32 11 28 88 00 F +32 11 28 88 01	Gent Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent T +32 9 242 44 44 F +32 9 242 44 45
Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel T +32 2 505 75 00 F +32 2 505 75 01	Liège 26, rue des Guillemins, 2ème étage B-4000 Liège T +32 4 349 56 00 F +32 4 349 56 10	Charleroi 119, avenue de Philippeville B-6001 Charleroi T +32 71 298 900 F +32 71 298 901
ARCADIS Belgium nv/sa BTW BE 0426.682.709 RPR BRUSSEL ING 320-0687053-72 IBAN BE 38 3200 6870 5372 SWIFT BIC BBRUBEBB		Maatschappelijke zetel Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel

