

# RÉSEAUX DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AU LUXEMBOURG

QUALITÉ DE L'AIR

**D'ËMWELTVERWALTUNG**

Am Déngscht vu Mënsch an Ëmwelt



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère du Développement durable  
et des Infrastructures

Administration de l'environnement



# SOMMAIRE



**15** RÉSEaux DE MESURE DES  
RETOMBÉES DE POUSSIÈRES  
PAR SÉDIMENTATION



**19** RÉSEAU DE MESURE  
DES PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>



**28** RÉSEAU AUTOMATIQUE  
DE TÉLÉCONTRÔLE  
DE LA QUALITÉ DE L'AIR.



**37** CAMPAGNES DE MESURES  
PAR TUBES À DIFFUSION  
PASSIVE (PRINCIPE  
DE L'ÉCHANTILLONNAGE PASSIF)



**44** RÉSEAU  
DE BIOSURVEILLANCE



**50** RÉSEAU  
PLUIES



**54** LE RÉSEAU-OBSERVATOIRE  
ÉCO-LICHÉNIQUE COMME  
INDICATEUR DE LA QUALITÉ DE  
L'ENVIRONNEMENT DANS SA  
GLOBALITÉ ET DE L'ÉTAT DE L'AIR  
AMBIANT EN PARTICULIER



## **INTRODUCTION**

Cette brochure présente les différents réseaux de mesure de la qualité de l'air ambiant au Luxembourg. Elle explique le fonctionnement et les spécificités des différents réseaux qui permettent à l'Administration de l'environnement (AEV) de contrôler et de surveiller la qualité de l'air afin de protéger l'environnement dans lequel nous vivons.

Le contrôle de la qualité de l'air ambiant (air extérieur de la troposphère à l'exclusion des lieux de travail), est un type de surveillance lié à une valeur limite d'un polluant précis à ne pas dépasser inscrite dans la législation nationale et dans une directive européenne (par exemple la directive européenne 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe). Ces valeurs limites sont basées essentiellement sur la ligne directrice de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.).

Le contrôle de la qualité de l'air est obligatoire et à assurer en permanence tout au long de l'année. Il permet d'assurer la protection de la santé humaine en général et de protéger en particulier la santé des populations dites sensibles (enfants en bas âge, jeunes enfants, personnes âgées et toutes les personnes ayant ou développant des pathologies respiratoires). En cas de dépassement de valeurs seuils ou de valeurs limites, la population doit être informée.

La surveillance de la qualité de l'air ambiant au sens large correspond à détecter la présence d'une substance polluante (par exemple le nickel), voire d'un groupe de substances (dioxines, PCB). Ceci est réalisé à l'aide de réseaux de mesure différents mais qui se complètent en fournissant des informations supplémentaires en utilisant d'autres références sanitaires. L'observation des niveaux atteints et leur évolution (dégradation de la situation, niveau stable ou évolution vers des niveaux faibles), permet d'évaluer la situation environnementale à un niveau local ou national.

## ORIGINE DES SUBSTANCES POLLUANTES ÉMISES MAJORITAIREMENT ET EN MASSE PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES

De nombreuses activités humaines (industries, transports routiers, utilisation de solvants) libèrent des substances dans l'air ambiant sous forme de gaz et de poussières voire des substances adsorbées et/ou absorbées à des poussières fines inhalables.

Grâce à l'application de directives européennes et d'un ensemble de lois et de règlements grand-ducaux, le Ministère du Développement durable et des Infrastructures (MDDI), avec l'appui de l'AEV, peuvent déjà intervenir au niveau de nombreuses sources d'émission pour limiter les polluants libérées dans l'atmosphère.

La surveillance et la réduction de la pollution de l'atmosphère exige un suivi continu de la quantification des charges polluantes par l'établissement d'inventaires d'émissions. Un inventaire fournit le bilan des masses

de substances nocives, émises sur le territoire du Grand-Duché de Luxembourg pendant une année (Figure 1). L'objectif principal de ces inventaires, réévalués chaque année, est la quantification des rejets de substances polluantes notamment dans l'air. La limitation progressive des émissions constitue généralement un moyen efficace pour améliorer la qualité de l'air. Ces limitations sont étroitement liées à l'utilisation des meilleures techniques disponibles et économiquement viables, à prescrire dans les autorisations d'exploitation relatives aux installations industrielles et artisanales.

Le tableau ci-dessous montre les différents groupes d'activité et la quantité de polluants rejetés sur le territoire du Luxembourg dans l'atmosphère en 2015.

FIGURE 1  
ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES AU LUXEMBOURG (TERRITOIRE NATIONAL, ÉMISSIONS EN KT/AN, ANNÉE 2015)

GROUPE D'ACTIVITÉ	SO <sub>x</sub> (kt)	NO <sub>x</sub> (kt)	COVNM (kt)	NH <sub>3</sub> (kt)	PM <sub>10</sub> (kt)	PM <sub>2,5</sub> (kt)	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)
<b>1. Combustion pour production d'électricité, cogénération et chauffage urbain</b>	0,010	1,207	0,085	***	0,008	0,006	453,046	0,065
<b>2. Combustions dans les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel</b>	0,454	1,265	0,568	0,058	0,645	0,627	1528,521	0,438
<b>3. Combustion dans l'industrie</b>	0,710	3,378	0,182	***	0,180	0,129	947,971	0,079
<b>4. Procédés de production industriels</b>	0,000	0,001	0,002	0,002	0,018	0,014	517,334	***
<b>5. Extraction et distribution de combustibles fossiles</b>	***	***	0,678	***	***	***	0,045	1,382
<b>6. Utilisation de solvants</b>	***	***	5,328	***	***	***	29,353	***
<b>7. Transports routiers</b>	0,009	4,676	0,425	0,068	0,350	0,223	1538,240	0,029
<b>8. Autres sources mobiles et machinerie*</b>	0,045	1,450	0,257	0,000	0,065	0,065	189,380	0,004
<b>9. Traitement et élimination des déchets</b>	***	***	***	***	***	***	***	3,097
<b>10. Agriculture**</b>	0,006	0,863	2,398	5,869	0,324	0,065	5,8	19,076
<b>11. Utilisation des sols et sylviculture</b>	***	***	***	***	***	***	-418,361	***
<b>TOTAL</b>	<b>1,234</b>	<b>13,123</b>	<b>9,220</b>	<b>5,631</b>	<b>1363</b>	<b>1,315</b>	<b>4791,339</b>	<b>24,846</b>

SO<sub>x</sub> = oxydes de soufre (comme SO<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub> = oxydes d'azote (comme NO<sub>2</sub>), COVNM = composés organiques volatiles non méthaniques, NH<sub>3</sub> = ammoniac, PM<sub>10</sub> = particules fines (diamètre >10 µm), PM<sub>2,5</sub> = particules fines (diamètre >2,5 µm), CO<sub>2</sub> = dioxyde de carbone, CH<sub>4</sub> = méthane

\* comprend: aviation, rail, navigation, machines agricoles, machines industrielles

\*\* comprend: combustion stationnaire dans le secteur agricole

\*\*\* pas d'émissions comptabilisées les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> de la catégorie 4 sont comprises dans la catégorie 2

kt: kilotonnes

kt/a: kilotonnes par an

## RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DES PRINCIPAUX POLLUANTS AU LUXEMBOURG

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des émissions émises sur le territoire luxembourgeois depuis 1990 à 2015. Les réductions conséquentes des émissions entre 1993 et 1998 pour les polluants  $\text{SO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ , et dans une moindre proportion pour  $\text{NO}_x$  et  $\text{CO}_2$  sont principalement dues au changement technologique dans l'industrie sidérurgique, c.-à-d. le passage des hauts-fourneaux aux fours à arc électrique.

Pour la période 2000 à 2005, on remarque une augmentation des émissions de  $\text{CO}_2$  et  $\text{NO}_x$ , principalement due à une augmentation du trafic routier et l'activité de certains procédés industriels, ainsi que l'implémentation d'une centrale de production d'énergie à large capacité.

Cependant, depuis de récentes années les émissions de ces deux polluants sont en recul, montrant l'efficacité des mesures de réduction prises dans la plupart des secteurs d'activité tels que énumérés dans le tableau ci-dessus.

Concernant les émissions de COVNM, celles-ci suivent une réduction constante de 1990 principalement due à une réduction du contenu de solvants dans les produits. Pour  $\text{NH}_3$  et  $\text{CH}_4$ , les émissions ne sont que faiblement réduites, étant données qu'elles sont principalement liées au nombre de bétail géré dans l'agriculture, qui est resté relativement constant sur toute la période observée.

FIGURE 2  
ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS ÉMISES SUR LE TERRITOIRE LUXEMBOURGEOIS DE 1990 À 2015.

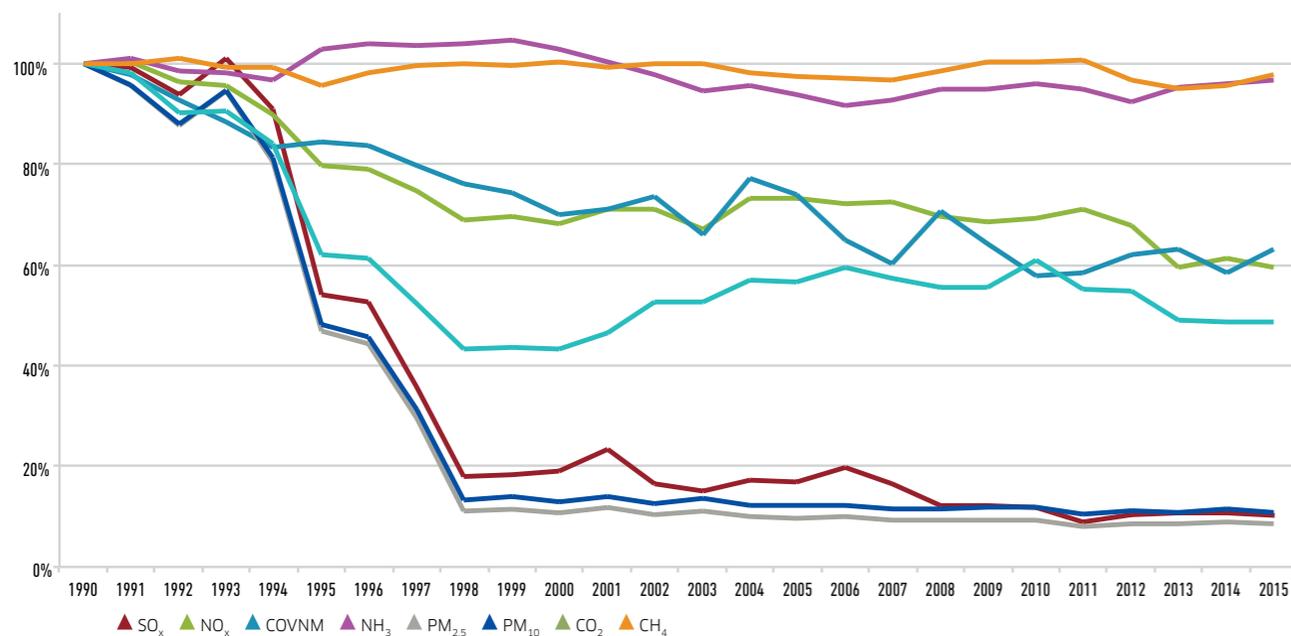
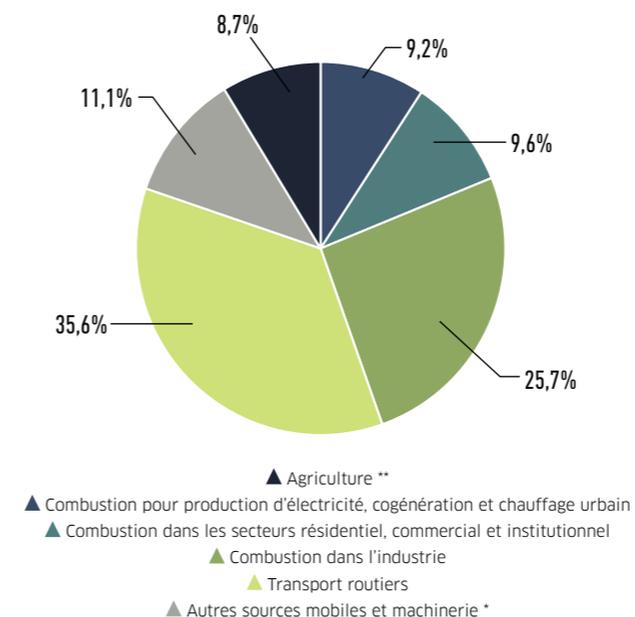
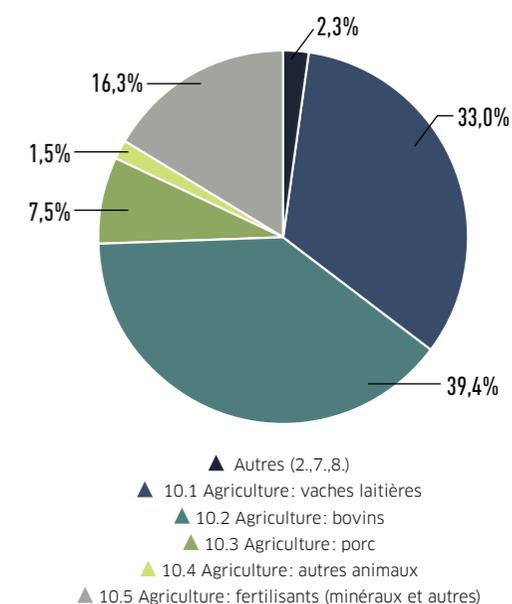


FIGURE 3

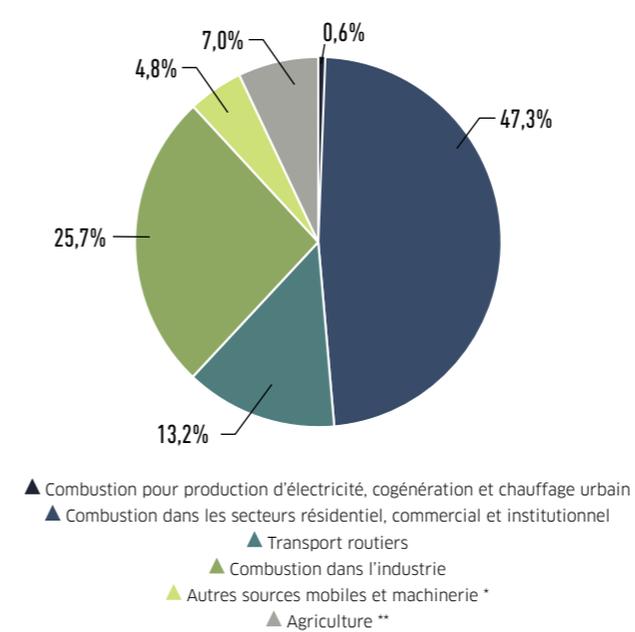
### ÉMISSIONS DE $\text{NO}_x$ AU LUXEMBOURG (SITUATION 2015, 100% = 14176 T)



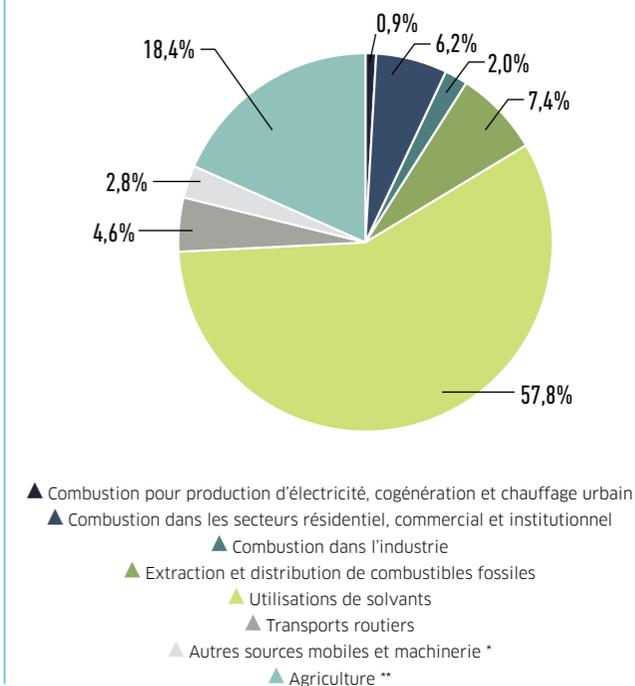
### ÉMISSIONS DE $\text{NH}_3$ AU LUXEMBOURG (SITUATION 2015, 100% = 5930 T)



### ÉMISSIONS DE $\text{PM}_{10}$ AU LUXEMBOURG (SITUATION 2015, 100% = 1757 T)



### ÉMISSIONS DE COVNM AU LUXEMBOURG (SITUATION 2015, 100% = 9827 T)



\* comprend: aviation, rail, navigation, machines agricoles, machines industrielles

\*\* comprend: combustion stationnaire dans le secteur agricole

## LA QUALITE DE L'AIR

Un écosystème est formé par un environnement (biotope) et par l'ensemble des espèces (biocénose) qui y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent. On distingue les écosystèmes forestiers, d'altitude, des plaines et aquatiques. Selon les contextes et les organismes, un même polluant peut avoir des effets différents. C'est par exemple le cas de l'azote, dont les apports peuvent provoquer une acidification des sols et des changements de composition des communautés végétales, ou encore une eutrophisation des milieux aquatiques. La pollution atmosphérique (oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), ammoniac (NH<sub>3</sub>), dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), polluants organiques (dioxines), particules fines...) exerce un impact globalement néfaste, sur la biodiversité.

L'évaluation régulière de la qualité de l'air ambiant contribue à protéger notre environnement car elle conduit à dresser le bilan des niveaux de concentration des polluants les plus importants. Ensuite elle permet l'élaboration d'une stratégie d'amélioration de la qualité de l'air. En effet, des valeurs limites sont fixées notamment pour le polluant clé représenté par le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> en suspension dans l'air, le métal lourd plomb et le composé organique benzène à caractère cancérigène. Pour les métaux arsenic, cadmium et nickel, des valeurs cibles sont prescrites. Une valeur cible est également prescrite pour le benzo-a-pyrène qui est le traceur de la classe des substances HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et qui ont des propriétés toxiques plus ou moins accentuées. L'ozone représente un cas particulier puisque ce polluant est produit indirectement par des réactions combinées des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et des composés

organiques volatils (CO<sub>v</sub> libérés par l'évaporation de solvants et des processus de combustions incomplètes). L'action du rayonnement UV solaire intense sur le mélange NO<sub>x</sub> + COV + oxygène (O<sub>2</sub>) conduit à la formation d'ozone (O<sub>3</sub>). Des valeurs cibles à ne plus dépasser sont proposées voire nécessaires et elles doivent être atteintes à l'aide de stratégies de réduction de substances précurseur (NO<sub>x</sub> et COV). Des valeurs limites existent également pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le monoxyde de carbone (CO).

A l'aide de la détermination des teneurs des polluants dans l'air on peut juger si les différentes réglementations sont suffisantes. Dans le cas contraire des critères plus sévères devront être élaborés puis intégrés dans la législation environnementale. Ceux-ci seront à appliquer d'une part dans les autorisations d'exploitation et d'autre part aux normes des produits (p.ex. teneur en soufre dans les combustibles, benzène dans l'essence) ainsi qu'aux valeurs limites générales à l'émission (p.ex. monoxyde de carbone, poussière, oxydes d'azote) émis par les installations de combustion. Parallèlement la mise en œuvre de plans relatifs à la qualité de l'air ambiant complétera les efforts de protection de l'environnement. Ces plans ont pour but de diminuer les niveaux de pollution ou encore de les maintenir à un niveau acceptable pour la santé humaine et pour les écosystèmes.

Les lois concernant les conventions et les protocoles au niveau international ainsi que les règlements et les décisions du Conseil de l'Union Européenne, avec application immédiate dans les états membres, complètent les moyens d'action de protection de notre environnement.

FIGURE 4  
RELEVÉ DE NORMES, DE RECOMMANDATIONS ET DE VALEURS D'ORIENTATION EN RAPPORT AVEC LA QUALITÉ DE L'AIR  
(Tableaux relatifs au polluant par matrice et par toxicité, par norme et par source.)

PROTECTION DE LA SANTÉ HUMAINE						
Polluant	Matrice et source	Toxicité(s)	NORME OU RÉFÉRENCE			
			Institution	Valeur	Type de norme ou référence	Unité
dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Gaz polluants dans l'air ambiant	Irritation (après 10 à 15 minutes) nez, gorge, système respiratoire et accentue la pathologie de l'asthme	UE	350 <sup>1</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
			UE	125 <sup>7b</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	500 <sup>3</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub> : Combustion du fuel (résidentiel, commercial et industriel)	Irritation et infection voies respiratoire, aggravation bronchites	UE / OMS	40 <sup>2</sup>	VL / VG	µg/m <sup>3</sup>
			UE	200 <sup>1</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
ozone (O <sub>3</sub> )	NO <sub>2</sub> : processus de combustion transports routiers, autres sources mobiles, production d'électricité, chauffage urbain, industrie CO: combustion transports routiers, autres sources mobiles	Insuffisance respiratoire, augmentation crises d'asthme, tendance à des infections pulmonaires	UE	180 <sup>1.4</sup>	SI	µg/m <sup>3</sup>
			UE	240 <sup>1.5</sup>	SA	µg/m <sup>3</sup>
			UE	120 <sup>6*</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	100 <sup>6</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
monoxyde de carbone (CO)	CO: combustion transports routiers, autres sources mobiles	coronaires du cœur, favorise l'angine de poitrine, ischémie du myocarde	UE / OMS	10 <sup>6</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> : évaporation essence et solvants	gaz cancérigène	UE	5 <sup>2</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
poussières fines (PM <sub>2,5</sub> , <2.5 µm)	Particules fines inhalables en suspension dans l'air ambiant, de dimension inférieure à 2.5 µm. Toutes les sources de combustion. Rejet des gaz de moteurs Diesel. Chauffage résidentiel au bois.	Irritation temporaire yeux, nez, gorge. Favorise toux, crise d'asthme et bronchite. Peut accentuer la bronchopneumopathie chronique obstructive. Potentiel cancérigène non négligeable. Lien avec l'insuffisance cardiaque.	UE	25 <sup>2</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
			UE	20 <sup>2</sup>	VL au 01/01/2020	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	10 <sup>2</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	25 <sup>7</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
poussières fines (PM <sub>10</sub> , <10 µm)	Particules inhalables en suspension dans l'air ambiant, de dimension inférieure à 10 µm. Transports routiers (abrasion des pneus, remise en suspension de poussières). Processus de combustion transports routiers, autres sources mobiles, chauffage. Agriculture (labour des champs, moissonnage mécanique).	Peut favoriser ou accentuer des pathologies cardio-vasculaires, des insuffisances cardiaques ou respiratoires, des asthmes, des immunodépressions	UE	40 <sup>2</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	20 <sup>2</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
			OMS	50 <sup>7</sup>	VG	µg/m <sup>3</sup>
			UE	35 <sup>8</sup>	VL	jours

Suite du tableau page 10

**OMS** Organisation Mondiale de la Santé  
Recommandations en 2000 et 2005

**LAI** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft  
für Immissionsschutz

**TA-Luft** Technische Abteilung Luft  
Recommandations en 1994, 2005  
et 2016

**ADENV** Administration de l'environnement

**L** Luxembourg

**D** Allemagne

**CH-LVO** Schweiz-Luftreinhalte-Verordnung

**mg** millième de gramme

**µg** millionième de gramme

**ng** milliardième de gramme

**pg** millionième de millionième de  
gramme (picogramme)

**ppb** (parts per billion)  
parties par milliard

**UE** Union européenne

**VL** Valeur limite

**VG** Valeur guide

**VC** Valeur cible

**VO** Valeur d'orientation

**VM** Valeur maximale à ne pas dépasser

PROTECTION DE LA SANTÉ HUMAINE						
Polluant	Matrice et source	Toxicité(s)	NORME OU RÉFÉRENCE			
			Institution	Valeur	Type de norme ou référence	Unité
plomb (Pb) dans PM <sub>10</sub>	Métaux lourds adsorbés ou absorbés par les poussières PM <sub>10</sub> . Émissions diffuses de l'industrie produisant et travaillant les métaux.	désordres neurologiques, anémie, hypertension, troubles rénaux	UE	0.5 <sup>2</sup>	VL	µg/m <sup>3</sup>
arsenic (As) dans PM <sub>10</sub>		troubles gastrointestinaux, neurologiques, sanguins. Lésions des vaisseaux sanguins. Effet cancérigène, pulmonaire, cutané	UE	6 <sup>2</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup>
cadmium (Cd) dans PM <sub>10</sub>		Irritation des poumons et des bronches. Troubles neurologiques, sanguins, immunitaires	UE-OMS	5 <sup>2</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup>
nickel (Ni) dans PM <sub>10</sub>		Dermatites. Endommagement poumons et reins. Risque de cancer du nez ou du poumon	UE	20 <sup>2</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup>
chrome (Cr) dans PM <sub>10</sub>		Toux, troubles respiratoires	LAI TA-Luft	17 <sup>2</sup>	VC à long terme	µg/m <sup>3</sup>
chrome-(VI) dans PM <sub>10</sub>		Bronchite. Effet cancérigène. Troubles gastrointestinaux, douleurs abdominales, ulcères, hémorragies	LAI TA-Luft	1.7 <sup>2</sup>	VO	µg/m <sup>3</sup>
benzo(a)pyrène (BaP) dans PM <sub>10</sub>		substance cancérigène	UE	1 <sup>2</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup>

FIGURE 5

PROTECTION DE LA VÉGÉTATION ET DES ÉCOSYSTÈMES						
Polluant	Matrice	NORME OU RÉFÉRENCE				
		Institution	Valeur	Type de norme ou référence	Unité	
oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> =NO+NO <sub>2</sub> , en milieu rural)	gaz polluants dans l'air ambiant	UE-OMS	30 <sup>2</sup>	NC	µg/m <sup>3</sup>	
dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )		UE	20 <sup>2*</sup>	NC	µg/m <sup>3</sup>	
Ozone (O <sub>3</sub> ) AOT40 = somme des différences entre les concentrations horaires > 80 µg/m <sup>3</sup> et 80 µg/m <sup>3</sup> (40 ppb) durant mai à juillet en utilisant uniquement les valeurs sur une heure mesurées quotidiennement entre 08:00 heures et 20:00 heures (heure de l'Europe Centrale).		UE	18000 <sup>11</sup>	VC	µg/m <sup>3</sup> x heure	

FIGURE 6

PROTECTION CONTRE DES INCOMMODATIONS OU DES INCONVÉNIENTS IMPORTANTS SUITE À DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES						
Polluant	Matrice et Source	NORME OU RÉFÉRENCE				
		Institution	Valeur	Type de norme ou référence	Unité	
arsenic	poussières (50 µm à 200 µm) Émissions de l'industrie produisant et travaillant les métaux	TA-Luft	4 <sup>2</sup>	VL	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	
cadmium		TA-Luft	2 <sup>2</sup>	VL	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	
plomb		TA-Luft	100 <sup>2</sup>	VL	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	
nickel		ADENV	100 <sup>2</sup>	VO	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	
chrome		ADENV	100 <sup>2</sup>	VO	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	
zinc		CH-LVO	400 <sup>2</sup>	VL	(µg/(m <sup>2</sup> x jour))	

VO: Valeur d'orientation de l'Administration de l'environnement (ADENV) par analogie à la référence plomb de TA-Luft et en s'appuyant sur les résultats de biosurveillance de l'ADENV.

FIGURE 7

BIOSURVEILLANCE: TENEURS MAXIMALES À NE PAS DÉPASSER DANS DES LÉGUMES FEUILLE CULTIVÉS LAVÉS						
PROTECTION DE LA SANTÉ HUMAINE ET DE LA QUALITÉ DE VIE						
Polluant	Matrice et Source	NORME OU RÉFÉRENCE				
		Institution	Valeur	Type de norme ou référence	Unité	
plomb	légumes feuilles cultivés lavés. Émissions de l'industrie produisant et travaillant les métaux, industrie de chimie organique, installations d'incinération d'ordures	UE	0.30 <sup>12</sup>	VM	µg / g de poids frais	
cadmium		UE	0.20 <sup>13</sup>	VM	µg / g de poids frais	
mercure		L	0.03 <sup>14</sup>	VM	µg / g de poids frais	
molybdène		L	10	VP (proposition Biomonitor)	µg / g de poids frais	
arsenic inorganique [As(III) et As(V)]		UE	0.25 <sup>15</sup>	VO	µg / g de poids frais	
benzo(a)pyrène (BaP)		UE	1.0 à 6.0 <sup>16</sup>	VO	µg / g de poids frais	
hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP4) (benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène et chrysène)		UE	1.0 à 35 <sup>16</sup>	VO	µg / g de poids frais	
DIOXINES/FURANNES/PCB		D-NRW	10	VO servant de seuil d'intervention 17	pg WHO-TEQ 2005 / g de poids sec	
DIOXINES/FURANNES/PCB		D-NRW	3	VO servant de seuil préventif 18	pg WHO-TEQ 2005 / g de poids sec	

<sup>1</sup> moyenne sur 1 heure

<sup>2</sup> moyenne annuelle

<sup>2\*</sup> moyenne annuelle, année civile et du 01 octobre au 31 mars

<sup>3</sup> moyenne sur 10 minutes

<sup>4</sup> seuil d'information de la population (1 heure)

<sup>5</sup> seuil d'alerte (3 heures consécutives)

<sup>6</sup> maximum journalier de la moyennesur 8 heures

<sup>6\*</sup> maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, valeur à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile, moyenne calculée sur 3 ans ou, par défaut, sur un an

<sup>7</sup> moyenne journalière

<sup>7b</sup> moyenne journalière, au maximum 3 fois par an

<sup>8</sup> nombre de jours tolérés avec dépassement de 50 µg/m<sup>3</sup>

<sup>9</sup> moyenne sur 15 minutes

<sup>10</sup> moyenne sur 30 minutes

<sup>11</sup> moyenne calculée de mai à juillet afin de déterminer l'AOT40 calculée à partir de valeurs une heure, moyenne calculée sur 5 ans

<sup>12</sup> Règlement (CE) N° 1881/2006 du 19 décembre 2006

<sup>13</sup> Règlement (CE) N° 488/2014 du 12 mai 2014

<sup>14</sup> Règlement grand-ducal du 28 décembre 1991 (Mémorial A-N°87)

<sup>15</sup> Règlement (CE) N° 2015/1006 du 25 juin 2015

<sup>16</sup> Règlement (CE) N° 835/2011 du 19 août 2011

<sup>17</sup> LUA (Landesumweltamt Essen, Nordrhein Westfalen) propose la valeur d'orientation de 10 pg WHO-TEQ 2005 / g de poids sec pour des légumes comestibles dans le sens d'un **seuil d'intervention**

<sup>18</sup> LUA (Landesumweltamt Essen, Nordrhein Westfalen) propose la valeur d'orientation de 3 pg WHO-TEQ 2005 / g de poids sec pour des légumes comestibles dans le sens d'un **seuil préventif**

**OMS** Organisation Mondiale de la Santé  
Recommandations en 2000 et 2005

**LAI** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz

**TA-Luft** Technische Abteilung Luft. Recommendations en 1994, 2005 et 2016

**ADENV** Administration de l'environnement

**L** Luxembourg

**D** Allemagne

**CH-LVO** Schweiz-Luftreinhalte-Verordnung

**mg** millième de gramme

**µg** milliardième de gramme

**ng** milliardième de gramme

**pg** milliardième de milliardième de gramme (picogramme)

**ppb** (parts per billion) parties par milliard

**UE** Union européenne

**VL** Valeur limite

**VG** Valeur guide

**VC** Valeur cible

**VO** Valeur d'orientation

**VM** Valeur maximale à ne pas dépasser

**VP** Valeur de précaution

**NC** Niveau critique

**AOT40** accumulated amount of ozone over threshold value of 40 ppb

**TEQ** Toxicity equivalents

**pH** potential hydrogène (pH), mesure l'acidité ou la basicité d'une solution

**µS/cm** milliardième Siemens par centimètre

**µmol/L** milliardième de mole par litre

## LES RÉSEAUX DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR OPÉRATIONNELS AU LUXEMBOURG

Un relevé des différents réseaux de mesures exploités par l'Administration de l'environnement est présenté dans le tableau ci-dessous. Ces réseaux permettent la surveillance et l'évaluation de la qualité de l'air au niveau national et, dans certains cas, au niveau local.

Une demande fondée ou une nécessité peut se présenter pour une campagne de mesurage limitée dans le temps (deux semaines à trois mois), ceci à un point fixe particulier. Dans ce cas on parle d'une campagne de mesure spécifique afin d'obtenir des valeurs d'orientation pour un ou plusieurs polluants bien définis afin d'évaluer la situation environnementale à ce site.

FIGURE 8  
LES RÉSEAUX DE MESURE AU 01.01.2018

Réseau numéro	Désignation	Nombre de stations
1	Réseaux de mesure des retombées de poussières par sédimentation. Analyse des composants associés à ces poussières: les métaux lourds zinc, plomb, chrome, arsenic, cadmium, nickel,....	41 placettes
2	Réseau de mesure des particules fines PM <sub>10</sub> & PM <sub>2,5</sub> . Associés aux poussières PM <sub>10</sub> des métaux lourds plomb, arsenic, cadmium, nickel et le composé organique benzo(a)pyrène (BaP). Analyse des composants associés aux particules PM <sub>2,5</sub> carbone (carbone élémentaire EC et organique OC) et les anions (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> ) ainsi que les cations (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ).	5
3	Réseau automatique de télécontrôle de la qualité de l'air. Analyse du SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , BTX. Réseau comportant 36 analyseurs mesurant en continu.	6 à 10
4	Réseau tubes passifs du programme d'évaluation des niveaux de NO <sub>2</sub> à des sites spécifiques de la circulation essentiellement où les comptages du nombre de véhicules est supérieur à 10000 par jour.	Environ 5 à 10 sites
5	Réseau de biosurveillance autour des sites industriels importants (bioaccumulation de polluants organiques et de métaux lourds transportés et déposés par voie aérienne). Analyse de composants associés à ces poussières mobilisés dans les plantes. <u>Substances organiques cancérigènes:</u> dioxines/furannes/PCB, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). <u>Métaux lourds:</u> aluminium, arsenic, cadmium, chrome, mercure, molybdène, nickel, plomb, zinc.	15 à 20 placettes
6	Réseau pluies. Paramètres turbidité, acidité (pH), conductivité. Cations: H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> Anions: Cl <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4
7	Réseau-observatoire éco-lichénique. Appréciation de l'air ambiant 2005-2009-2013. Statut d'eutrophisation. Indice d'acido-basité. Évolution 2013 / 2005.	9

Les mesures effectuées par les réseaux de mesure permettent ainsi d'élaborer des plans et stratégies nationales, comme le programme national de la qualité de l'air. En plus, elles permettent de modéliser et de faire des prévisions de la qualité de l'air pour différents polluants sur le territoire national. Toutes ces informations peuvent être consultées sur le portail de l'environnement du Luxembourg ([www.emwelt.lu](http://www.emwelt.lu)).

# RÉSEAUX DE MESURE DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES PAR SÉDIMENTATION

Les mesures de retombées de poussière par sédimentation représentent un dépôt sec ou mélangé à de l'eau de pluie. Ce dépôt se fait sur des surfaces comme le sol, les plantes, les bâtiments ou les plans d'eau. Ce type de poussières véhiculé par l'air ambiant est lié soit aux gouttes de pluie, soit à de la matière et présente une granulométrie comportant des grains assez gros. La taille des particules de poussières est comprise entre 50 µm et 200 µm. Le transport de ces particules s'effectue sur quelques centaines de mètres. Les poussières présentant les grains les plus petits sont transportées jusqu'à environ 1500 mètres avant de se poser par terre.

Au Luxembourg ce type de réseau est exploité depuis 1973. Ce sont notamment les plus grosses fractions de poussière (grains allant jusqu'à des diamètres > 100 µm) qui sont collectées. Les retombées de poussière sont quantitativement plus élevées à proximité des sources d'émission en comparaison avec les poussières en suspension ou les gaz. Les retombées de poussière sont d'une importance particulière du point de vue sanitaire lorsqu'elles contiennent des composants (Inhaltsstoffe) toxiques comme par exemple des métaux lourds (risques d'ingestion par des enfants en contact avec le sol, absorption par des légumes cultivés dans les jardins, contamination lente du sol à longue échéance).

La méthode utilisée pour la mesure de retombées de particules est la méthode standard Bergerhoff avec le dispositif de collecte correspondant. Les poussières sédimentent librement par voie aérienne

dans le collecteur placé à une hauteur de 1.5 m (dans un bocal de dimensions standard contenance 1.5 litre, diamètre d'ouverture 9.5 cm et surface de capture de poussières pour la collecte 62.2 cm<sup>2</sup>). La durée de collecte de poussières est fixée à 30 ± 2 jours (12 mesures mensuelles par an). Les bocaux sont ramenés au laboratoire et la poussière est récupérée avec soin pour être pesée avec précision ce qui fournit la donnée poussière brute.



### PLACETTE DE RETOMBÉE DE POUSSIÈRES À ESCH/ALZETTE

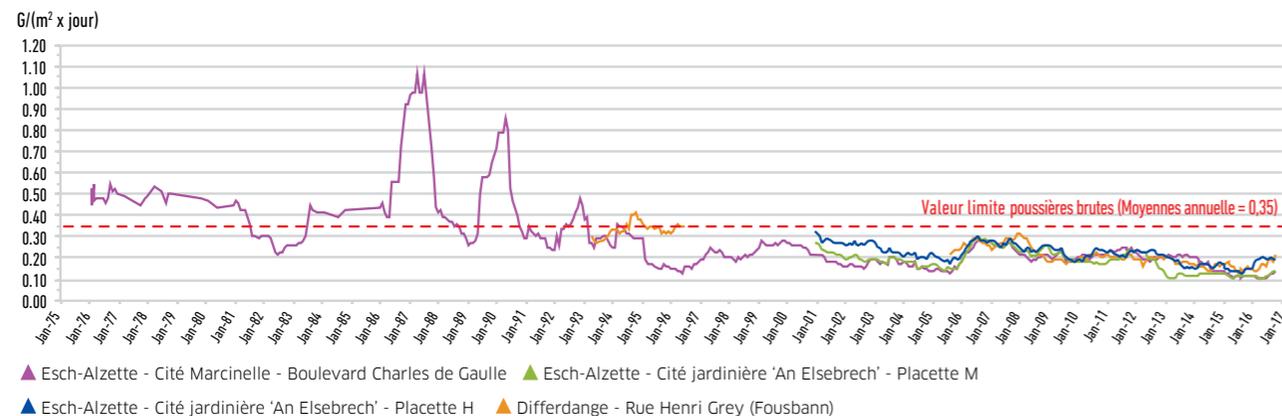
DISPOSITIF DE COLLECTE (SUPPORT ET BOCAL) DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRE - RÉSEAU BERGERHOFF À ESCH/ALZETTE

### La méthode standard Bergerhoff

Les échantillons de poussière en provenance de certains sites bien définis subissent encore par la suite un traitement particulier permettant la détermination de la teneur en métaux lourds. La poussière brute constitue la matrice dans laquelle sont répartis par exemple les métaux zinc, plomb, chrome, arsenic, cadmium, nickel,.... Les poussières subissent l'attaque par des acides forts (acide fluorhydrique d'abord et ensuite dans une bombe autoclave avec de l'acide nitrique à haute température et pression) afin de provoquer la dissolution totale. Les métaux lourds sont alors déterminés au laboratoire soit par la méthode de spectrophotométrie par absorption atomique (AAS) soit par **spectrométrie de masse ICP**, abréviation de l'anglais «Inductively Coupled Plasma» (ICP-MS, ou ICP-Mass Spec) couplée à un plasma inductif ou encore par **ICP-OES (spectrométrie à émission optique ICP)**.

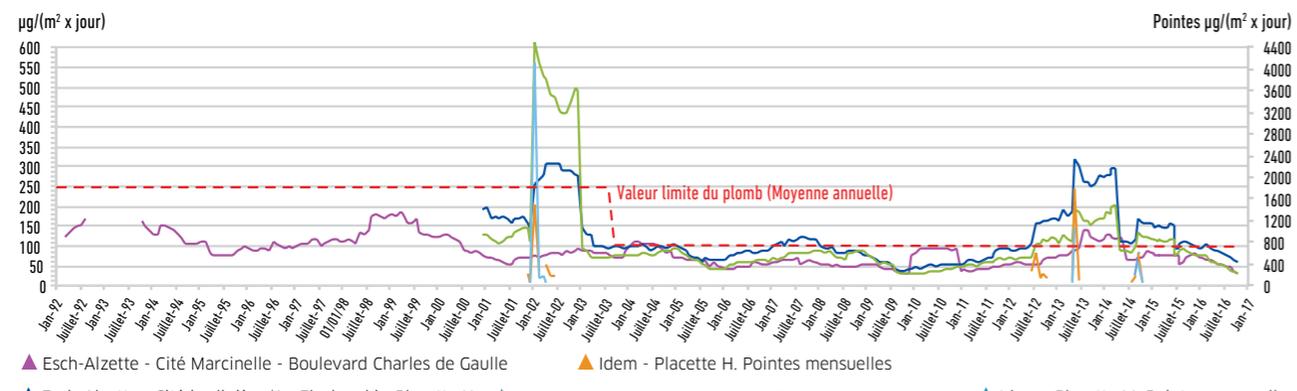
Le réseau Bergerhoff comporte un nombre de placettes proche de 40 pour la collecte de retombées de poussière et qui sont organisées en réseaux de taille différente et très localisées. Elles sont pratiquement toujours placées près de sites industriels, connus pour leurs fortes émissions en poussières (p. ex. la sidérurgie et les industries produisant des métaux). Plusieurs petits réseaux existent et comportent 2 à 18 sites de collecte Belvaux (6 placettes), Dudelange (3 placettes), Rodange (3 placettes), Rumelange (2 placettes), Differdange (6 placettes), etc...). Un réseau important et étendu, proches d'installations sidérurgiques, est aménagé dans un milieu industriel-urbain à Esch/Alzette (18 placettes) pour observer et évaluer l'ampleur des retombées de poussières et des métaux lourds qui les accompagnent.

FIGURE 9  
RÉSEAU RETOMBÉE DE POUSSIÈRES. **POUSSIÈRE BRUTE.**



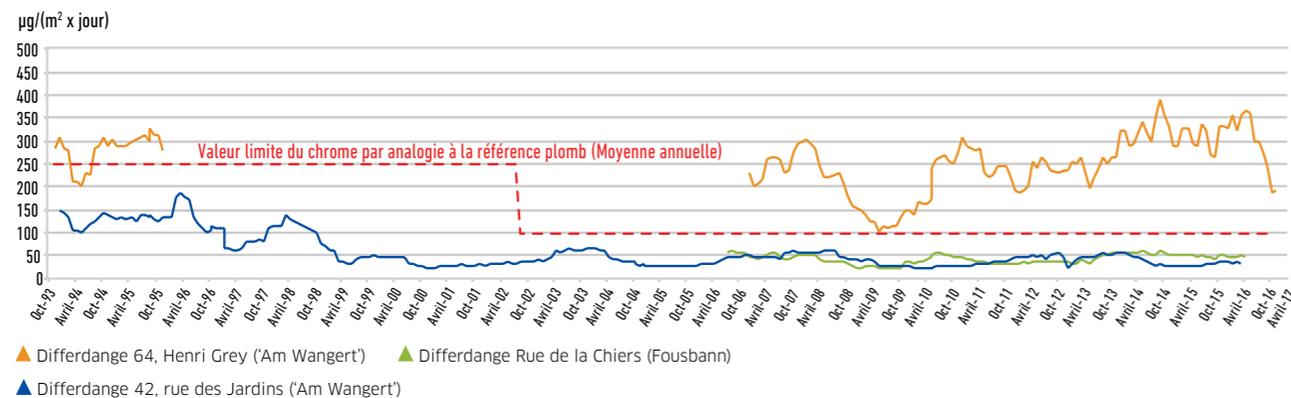
Graphique évolution des concentrations mensuelles et annuelles en poussière constatée à des placettes à Esch/Alzette.

FIGURE 10  
RÉSEAU RETOMBÉE DE POUSSIÈRES. **TENEUR EN PLOMB.**



Évolution des concentrations (moyennes annuelles glissantes) en plomb dans les retombées de poussière constatée à des placettes à Esch-Alzette. Mise en évidence de périodes de pointe (moyennes mensuelles).

FIGURE 11  
RÉSEAU RETOMBÉE DE POUSSIÈRES. **TENEUR EN CHROME.**



Évolution de la concentration moyenne annuelle en chrome dans les retombées de poussière constatée à des placettes à Differdange.

RÉSEAU DE MESURE  
DES PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>

## LES MÉTAUX LOURDS **Pb, As, Cd, Ni** ET LA SUBSTANCE **BENZO(A)PYRÈNE** DANS LES $PM_{10}$ . LES ESPÈCES CHIMIQUES (SULFATES, NITRATES, CHLORURES, AMMONIUM, CARBONE, ETC.) DANS LES $PM_{2.5}$

A côté des particules naturelles provenant de processus naturels (éruptions volcaniques, feux de terre non cultivées, etc), les particules anthropiques sont émises par des activités humaines (processus de combustion, processus industriels, formation de suie, usure des revêtements routiers, travaux de démolition, abrasion de pneus,... Les particules peuvent être émises sans transformation ultérieure ou se former dans l'air suite à des réactions chimiques à partir d'autres polluants.

Ainsi on distingue deux types de particules:

- Les particules primaires (provenant de sources naturelles ou anthropiques),
- Les particules secondaires (formation de nitrates, de sulfates, d'ammonium, nucléation de molécules de gaz, réactions gazeuses dans des fines gouttelettes d'eau).

Les particules du type  $PM_{10}$  (particules fines avec un diamètre aérodynamique inférieur à 10  $\mu m$ ) et du type  $PM_{2.5}$  (particules très fines de diamètre aérodynamique inférieur à 2.5  $\mu m$ ) sont inscrites dans la directive européenne 2008/50/CE et qui prescrit des valeurs limites ou des valeurs cibles spécifiques pour la protection de la santé humaine.

Les particules  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$  pénètrent plus ou moins profondément dans le système respiratoire. Les  $PM_{2.5}$  (dite fraction thoracique) peuvent être transportées jusque dans les alvéoles pulmonaires et passer dans la circulation sanguine. Les symptômes affectant la santé humaine et déclenchés par les poussières fines sont les suivantes:

- irritation des voies respiratoires, altération de la fonction respiratoire auprès des enfants et les personnes âgées, augmentation de la fréquence et de l'intensité des crises d'asthme, bronco-pneumopathie chronique obstructive, diminution de l'espérance de vie.

En 1980 des mesures des métaux et des sulfates dans les particules totales en suspension dans l'air ambiant, ont été réalisés par le réseau de mesures métaux lourds et

sulfates. Suite aux directives européennes 1999/30/CE et 2008/50/CE, ce réseau a été remplacé en 2006 par des équipements nouveaux permettant de mesurer plus spécifiquement les particules du type  $PM_{10}$ . L'équipement en question représente la méthode de référence (méthode gravimétrique), utilisant des filtres prépesés de 47mm de diamètre à 50% d'humidité de l'air. Le réseau était constitué au départ des stations  $PM_{10}$  à Luxembourg-Centre - Place Hamilius/Boulevard Royal, Walferdange - Place de Mairie et Schiffflange - Cité Um Benn. Actuellement les stations suivantes sont opérationnelles:

**$PM_{10}$** : Luxembourg-Bonnevoie - rue de Bonnevoie, Walferdange - Place de Mairie. Quatre équipements sont utilisés pour des campagnes de mesure limitées dans le temps (1.5 mois à 2 ans) pour des contrôles des niveaux  $PM_{10}$  à divers sites.

**$PM_{2.5}$** : Luxembourg-Bonnevoie - rue de Bonnevoie, Esch/Alzette - rue Arthur Useldinger, Beidweiler (station rurale pour mesurer la pollution de fond).

L'instrument de collecte des poussières fines se compose d'une pompe aspirant 55  $m^3$ /jour. L'air aspiré traverse un filtre dont la surface exposée est de 17.4  $cm^2$  (4.7 cm de diamètre). Le prélèvement se fait à 1.60 m au-dessus du sol ou à environ 4 m de hauteur (si installé sur le toit d'une station du type container). Le temps d'échantillonnage standard est de 24 heures par filtre. Toutes les 24 heures un mécanisme automatique installe un nouveau filtre vierge pour les 24 heures suivantes. Un magazine de filtres a une autonomie de 17 jours.

Les filtres sont analysés en laboratoire. Les poussières sont déterminées par la méthode gravimétrique. Concernant les métaux lourds dans les poussières fines, la technique de **minéralisation par micro-ondes en espace fermé** est réalisé à l'aide d'un mélange d'acides nitrique et fluorhydrique. Ensuite est appliquée l'analyse des métaux lourds par **spectrométrie de masse (MS)** couplée à un plasma inductif ICP est ensuite appliquée. **Le BaP est déterminé par chromatographie en phase gazeuse et détection sélective par spectrométrie de masse (GC-MS).**

## POUSSIÈRES FINES - MÉTHODE DE RÉFÉRENCE SUR FILTRES

Instruments de collecte de poussières fines.

Version armoire pour des campagnes de mesure courtes ou des sites de mesure à surface réduite pour l'installation. Version rack pour une station de mesure et des mesurages en continu sur une période longue.

### Instruments de collecte de poussières fines:

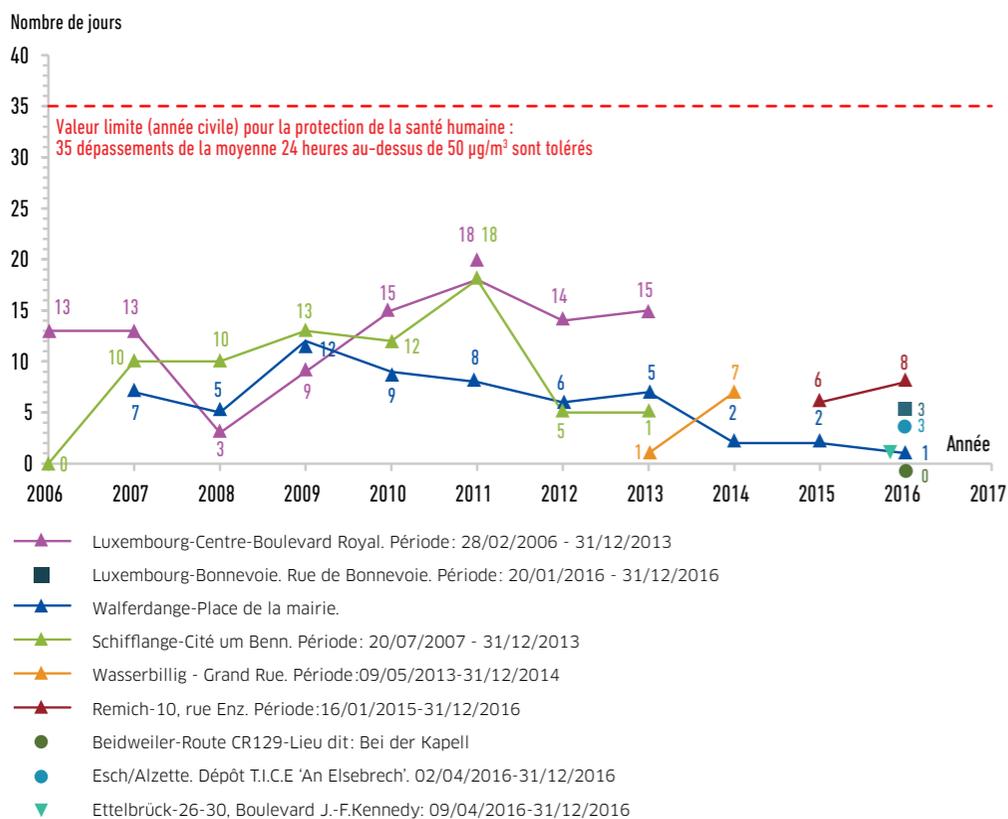
- Version armoire pour des campagnes de mesure courtes ou des sites de mesure à surface réduite pour l'installation.
- Version rack pour une station de mesure et des mesurages en continu sur une période longue.



Méthode de référence sur filtres - Version armoire

FIGURE 13  
POLLUANT  $PM_{10}$  METHODE DE RÉFÉRENCE SUR FILTRES

De façon générale la valeur limite de 35 jours de dépassements tolérés de la teneur journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  est respectée. Nous disposons d'une marge favorable et assez importante. Cette valeur limite sert à contrôler l'apparition des pics de pollution, leur nombre d'apparitions et leur durée dans l'intérêt de la protection de la santé humaine.

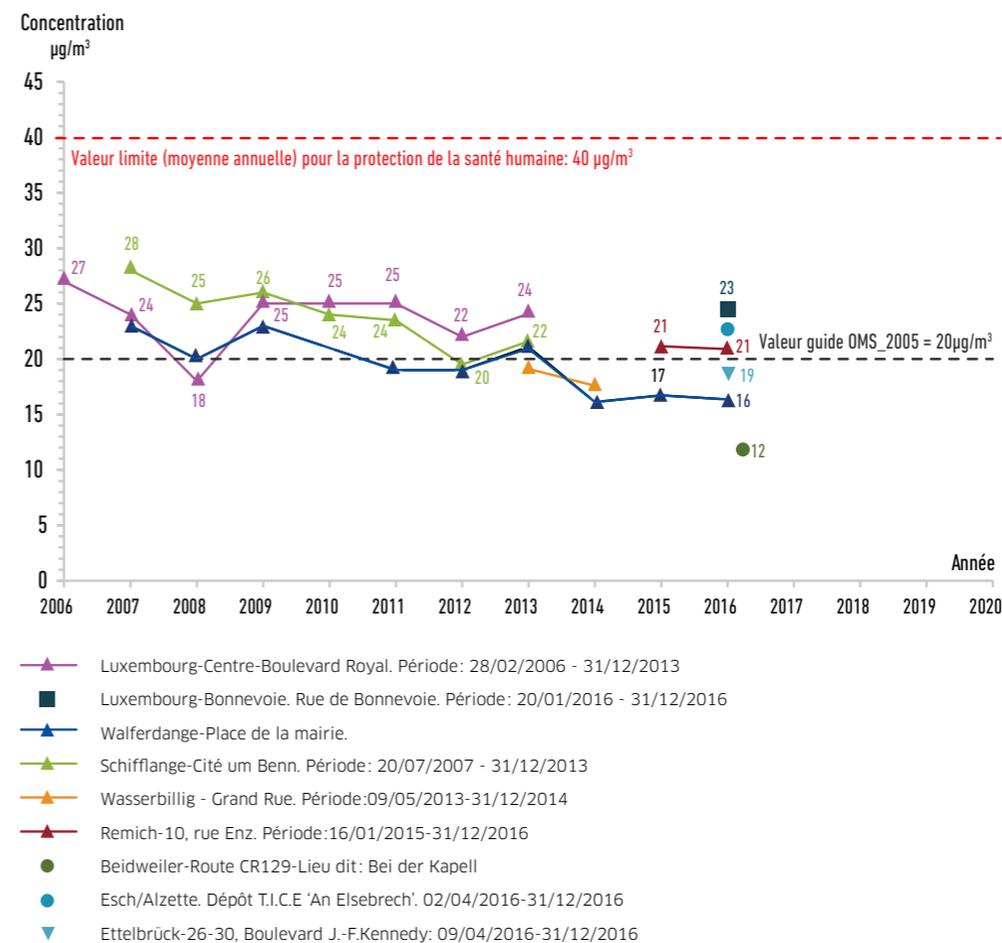


Bilan de tous les mesurages de particules fines  $PM_{10}$ . Nombre de dépassements de la moyenne journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

FIGURE 14  
POLLUANT  $PM_{10}$  METHODE DE RÉFÉRENCE SUR FILTRES

La figure 14 montre un bilan de tous les mesurages  $PM_{10}$  sur filtres (dite méthode de référence) afin de vérifier le respect de la valeur limite (moyenne annuelle). Jusqu'à présent, depuis le début des mesurages en 2006, cette valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'a pas été dépassée. Les niveaux au Luxembourg tendent vers la valeur guide recommandée par l'OMS et qui sert de référence pour établir des valeurs limites plus sévères dans les années à venir.

A noter que le respect des valeurs limites des particules fines en général est lié à une flotte automobile moderne équipée des normes EURO 5 et EURO 6. La réglementation en matière d'émissions des chauffages domestiques, la promotion de maisons à basse consommation d'énergie, la législation en matière de chauffages au bois, constituent des éléments clés pour réduire continuellement les niveaux en poussières fines.



Bilan de tous les mesurages de particules fines  $PM_{10}$ . Moyennes annuelles.

FIGURE 15  
POLLUANT **PM<sub>2.5</sub>** - MÉTHODE RÉFÉRENCE SUR FILTRES

La figure 15 montre le bilan des mesurages **PM<sub>2.5</sub>** sur filtres (méthode de référence) afin de vérifier le respect de la valeur limite (moyenne annuelle). La valeur limite prévue pour 2015 est respectée et la valeur limite plus contraignante pour 2020

est déjà actuellement respectée. L'OMS recommande de respecter la valeur guide de 10 µg/m<sup>3</sup>. Le niveau actuel de **PM<sub>2.5</sub>** n'est plus très éloigné mais les teneurs en poussières fines ont tendance à stagner.

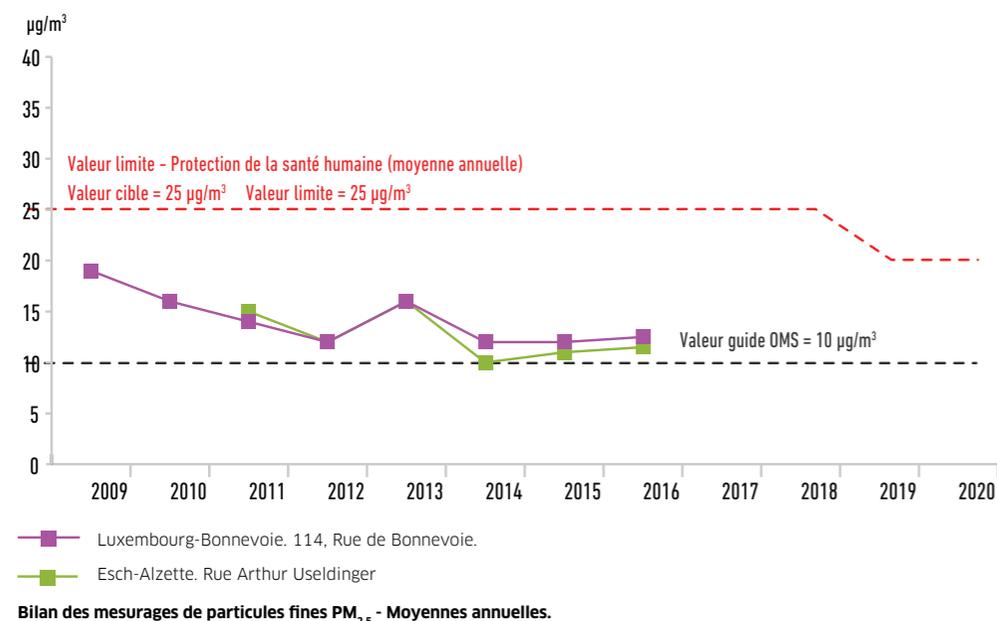


FIGURE 16  
MESURAGES DES PARTICULES FINES **PM<sub>10</sub>** À LUXEMBOURG-CENTRE (BOULEVARD ROYAL / PLACE HAMILIUS)

Arrêt des mesurages à partir du 08/01/2014.

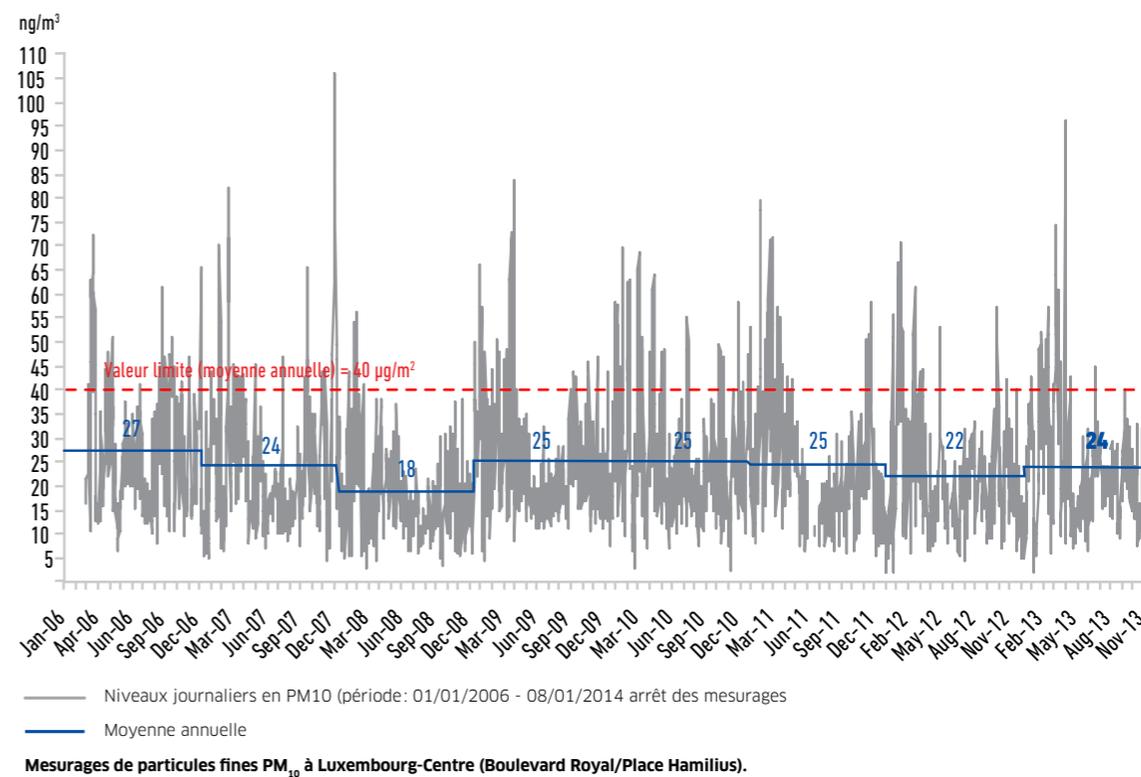
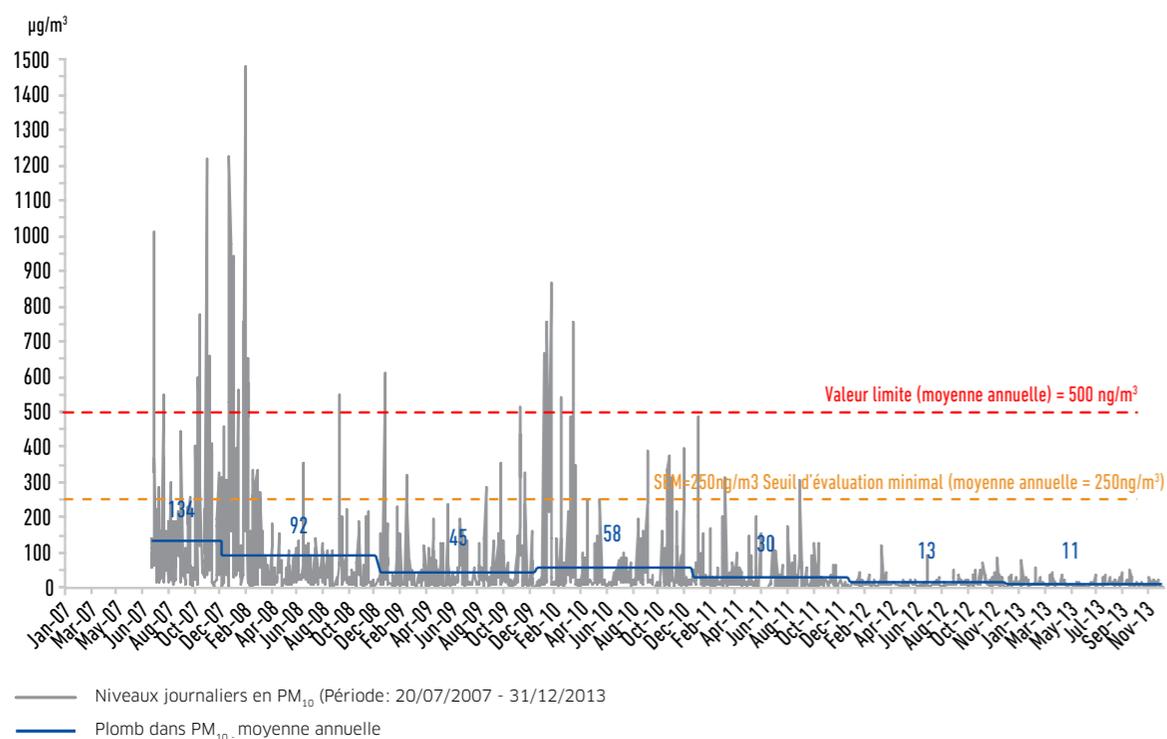


FIGURE 17  
POLUANT **PLOMB** DANS  $PM_{10}$  À SCHIFFLANGE. CITÉ 'UM BENN'

La valeur limite (moyenne annuelle) n'est pas dépassée. Le seuil d'évaluation minimal SEM=250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'a jamais été dépassé depuis le début des mesurages en 2007. L'arrêt des activités de l'aciériste permet l'abandon des mesurages.



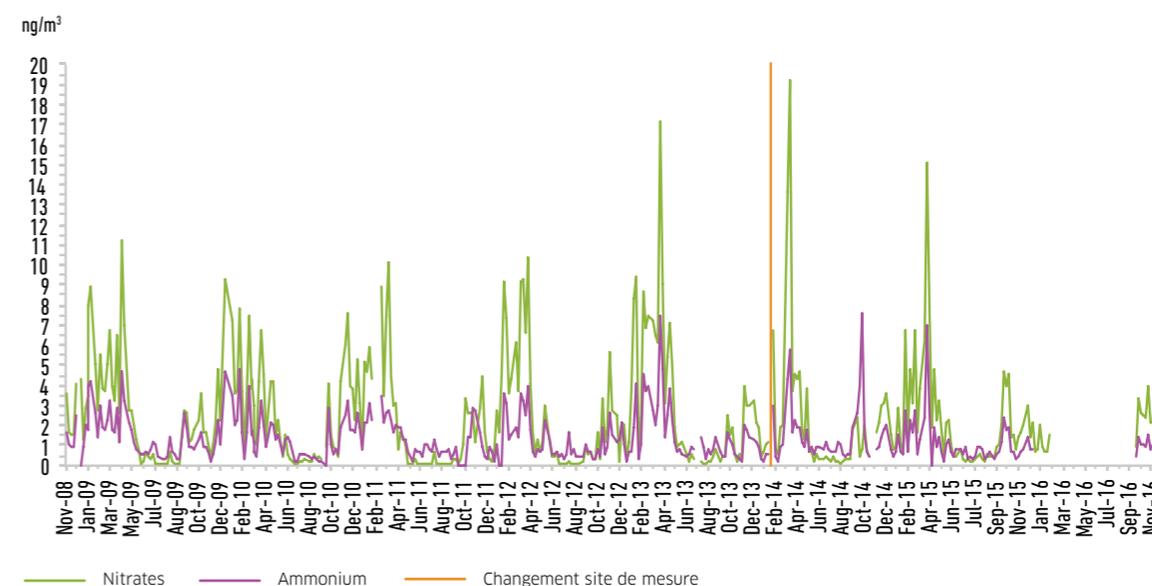
Teneurs en plomb dans les poussières fines  $PM_{10}$  en suspension dans l'air ambiant à Schifflange-Cité Um Benn

FIGURE 18  
**AMMONIUM ET NITRATES**  
ESPÈCES CHIMIQUES PROPICES À LA FORMATION DE PARTICULES FINES  $PM_{2,5}$

L'objectif de ces mesures consiste à disposer d'informations concernant les niveaux de pollution de fond. Ceci est fondamental pour estimer les niveaux de pollution dans les zones exposées, notamment les lieux marqués par la pollution de fond urbaine, la pollution due aux activités industrielles et la pollution due à la circulation. Ce type de mesures sert également à estimer la contribution éventuelle du transport à longue distance des polluants atmosphériques et à comprendre le comportement des polluants plus spécifiques tels que les particules.

Dans le cas des ions nitrate et ammonium, présentés à la figure 18 ci-dessous, ces espèces chimiques sont davantage présentes en période hiver (octobre à mars), durant laquelle le chauffage domestique est en activité.

Des pointes en nitrates et, dans un degré moindre les pointes ammonium, apparaissent régulièrement entre la mi-mars et début avril. Ce constat paraît être dû à des activités agricoles plus intenses (épandage de lisier, etc). En outre, on peut noter des niveaux plus élevés en nitrates à Beckerich qu'à Beidweiler, ce qui rejoint les résultats de la figure 22, montrant un niveau plus élevé en oxydes d'azote sous forme gazeuse à Beckerich.



Niveaux de nitrates et d'ammonium relevés aux stations: Beckerich (de 31/10/2008 - 18/01/2014), Beidweiler (à partir du 30/01/2014 - 21/02/2016).

# 3

## RÉSEAU AUTOMATIQUE DE TÉLÉCONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'AIR



Photo montrant la station d'Esch/Alzette

Le réseau automatique de télécontrôle de la qualité de l'air représente un réseau d'une technicité plus poussée, vu la diversité des équipements nécessaires à son fonctionnement. Ce réseau mesure en continu des polluants et fournit des valeurs mesurées en demi-heures. Il comporte au 01.01.2018 36 analyseurs répartis dans 10 stations dont 7 stations fixes et 3 stations mobiles. Chaque station comporte des automates qui gèrent les différents équipements et possède une autonomie de fonctionnement ne nécessitant que des interventions occasionnelles d'un technicien pour une maintenance préventive ou corrective.

Ce réseau a été conçu sur base:

- d'exigences réglementaires nationales (contrôle du respect de valeurs limites),
- d'exigences de la réglementation de l'Union Européenne dans le domaine de la pollution de l'air (nécessité de mesurer en continu, utilisation de techniques d'analyse plus précises, valeurs limites à ne pas dépasser et, en cas de dépassement, obligation d'établir un plan de gestion de la qualité de l'air), Le choix des sites pour les mesures de l'air ambiant privilégie deux types d'environnement.
- les milieux urbain et urbain-industriel influençant directement la santé humaine,
- le milieu rural, à l'écart des sources locales, afin de mesurer les niveaux de pollution de fond qui agissent sur les écosystèmes et l'influence plus ou moins prononcée de polluants transitant par nos frontières.

Le réseau automatique est opérationnel depuis 1988 et comprend au 01/01/2017 sept stations de mesure fixes de la qualité de l'air résumés dans le tableau suivant.

Nom de la station	Mesures dominées par :	Type de zone
Luxembourg (Place Winston Churchill)	trafic automobile	urbaine
Luxembourg (Avenue de la Liberté)	trafic automobile	urbaine
Luxembourg-Bonnevoie (Rue de Bonnevoie/ Rue du puits)	trafic automobile et chauffage urbain	urbaine
Esch/Alzette (Rue Arthur Useldinger)	émissions de l'industrie et trafic urbain	suburbaine
Beckerich	pollution de fond	rurale
Beidweiler	pollution de fond	rurale
Mont St. Nicolas (Vianden)	pollution de fond	rurale

Les paramètres météorologiques exercent une influence assez importante sur les niveaux de concentration des polluants présents dans l'atmosphère. Notamment la direction du vent, la vitesse du vent et la température peuvent favoriser la tendance vers des concentrations plus élevées ou plus faibles. Chaque station est équipée d'un mât météo et de capteurs pour mesurer les paramètres les plus importants (direction du vent, vitesse du vent, pression atmosphérique, température, point de rosée). Les stations de Luxembourg (Place Winston Churchill), Luxembourg-Centre (Avenue de la Liberté) et Luxembourg-Bonnevoie utilisent en commun les données de la station météo située Rue Auguste Lumière à Luxembourg-Ville.

Plusieurs objectifs doivent être réalisés à l'aide des données de la qualité de l'air en provenance du réseau automatisé:

- mesurer en permanence la qualité de l'air et suivre l'évolution des niveaux des principaux polluants,
- vérifier le respect des valeurs limites prescrites par la réglementation,
- informer la population de l'état général de la qualité de l'air
- assumer une fonction de système d'alerte lors de pointes de pollution,
- permettre au Luxembourg de participer aux échanges

- d'informations et de données en matière d'environnement dans le cadre régional, celui de l'Union Européenne et dans d'autres accords internationaux (p. ex. OECD, OMS).
- juger des effets des politiques de prévention de la pollution atmosphérique mises en œuvre et fournir des bases objectives pour la mise au point de dispositions nouvelles au cas où ces politiques sont insuffisantes,
- établir des plans de gestion de la qualité de l'air afin de solutionner des problèmes de pollution en cas de dépassement de valeurs limites.

Le poste central est en liaison avec les stations de mesure via lignes téléphoniques commutées. Il comporte un ordinateur et des équipements périphériques. Cette installation est située dans les locaux de l'administration de l'Environnement à Esch/Alzette.

L'ordinateur assume:

- la communication avec les postes locaux,
- la centralisation, toutes les 30 minutes, des informations

- collectées (mesures des polluants dans l'air).
- le traitement des données et leur stockage,
- la gestion globale du réseau qui consiste à collecter des informations techniques sur le bon fonctionnement des équipements de mesure et de communication, les alarmes et signalisations concernant d'éventuels dysfonctionnements des analyseurs et des systèmes d'étalonnage,
- le dialogue avec les utilisateurs du système.

Les stations de mesure fixes, attribués à des points de mesure selon des critères de la directive européenne, sont au nombre de sept. Une huitième station traite exclusivement des données météo. Au total un nombre de 30 appareils d'analyse et de contrôle de polluants équipent au 01.01.2017 les sept stations fixes. Ces analyseurs mesurent en temps réel et en continu. Le tableau ci-dessous montre les polluants mesurés dans les différentes stations fixes. Chaque poste est entièrement autonome et capable de stocker les informations pour une période d'un peu plus d'une semaine. Un logiciel permet de gérer notamment la

STATIONS DE MESURE ET POLLUANTS MESURÉS (SITUATION AU 01.01.2017)							TECHNIQUE
LUXEMBOURG-Place Winston Churchill	LUXEMBOURG-Avenue de la Liberté	LUXEMBOURG-Bonnevoie	ESCH/ALZETTE	BECKERICH	BEIDWEILER	MONT ST. NICOLAS (Vianden)	D'ANALYSE UTILISÉE
		SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>		Fluorescence UV
NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	NO et NO <sub>2</sub>	Chimiluminescence
		O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	Photométrie d'absorption UV
CO		CO	CO				Spectrométrie d'absorption IR
		BTX *)					Chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par ionisation de flamme
Poussière (PM <sub>10</sub> ) **)		Poussière (PM <sub>10</sub> ) **)	Poussière (PM <sub>10</sub> ) **)		Poussière (PM <sub>10</sub> ) **)		Atténuation rayons bêta
Poussière (PM <sub>2,5</sub> ) **)		Poussière (PM <sub>2,5</sub> ) **)	Poussière (PM <sub>2,5</sub> ) **)		Poussière (PM <sub>2,5</sub> ) **)		Atténuation rayons bêta
			CH <sub>4</sub> et HCT ***)		CH <sub>4</sub> et HCT ***)		Ionisation de flamme
						CO <sub>2</sub>	Spectrométrie d'absorption IR

Aperçu des analyseurs équipant le réseau automatique de télécontrôle de la qualité de l'air

\*) benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (o-xylène, m-xylène et p-xylène)

\*\*\*) fraction thoracique (inhalable), dimension des poussières inférieure à 10 µm respectivement à 2.5 µm

\*\*\*\*) méthane (CH<sub>4</sub>) et hydrocarbures totaux (HCT) également désignés composés organiques volatils

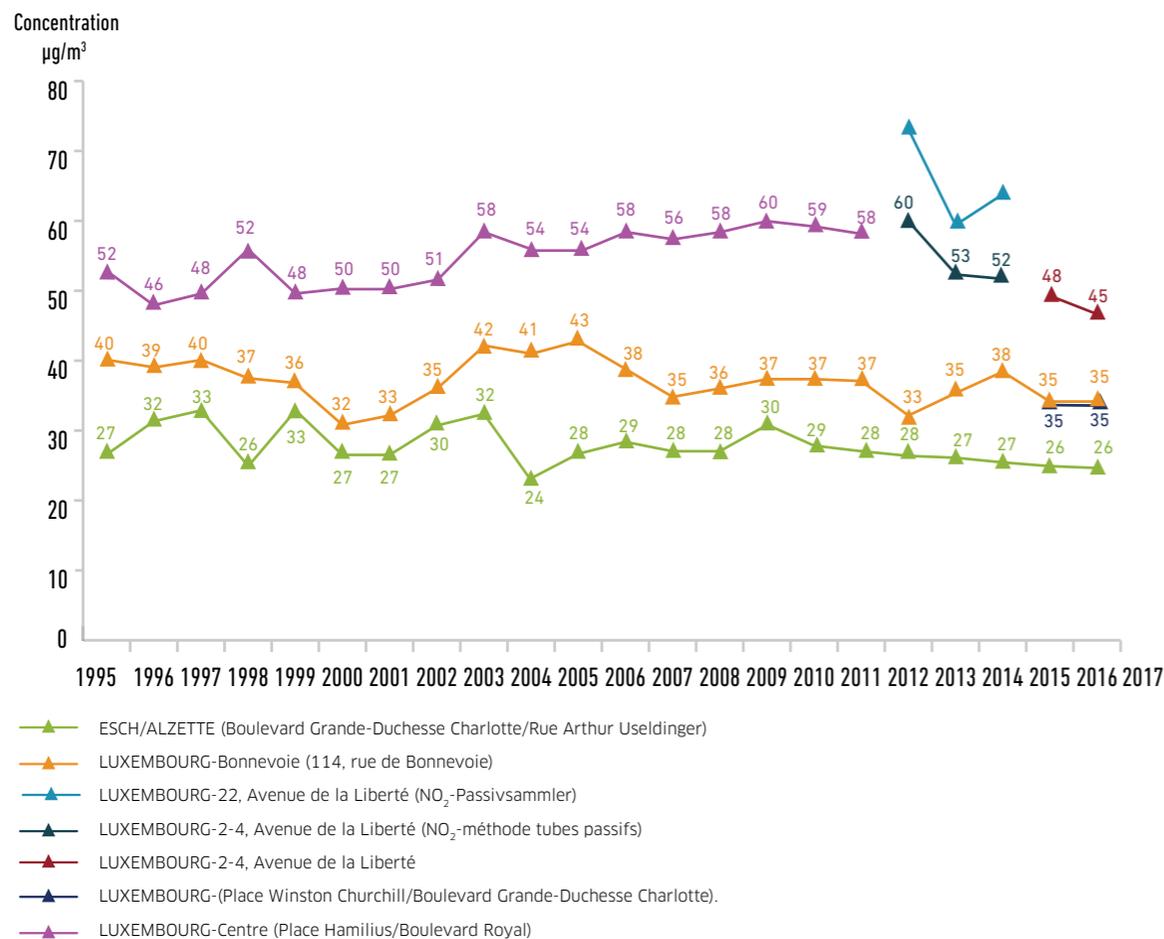
collecte des mesures et leur mémorisation, le dialogue avec l'ordinateur central via modem, la transmission des mesures vers le poste central

A l'intérieur d'une station de mesure de la qualité de l'air ambiant on distingue la ligne d'échantillonnage à travers laquelle l'air ambiant de l'extérieur est aspiré par une pompe. Les différents analyseurs sont connectés à cette ligne pour mesurer le polluant pour lequel il sont été spécifiquement construits. Il y a la présence d'un compresseur-sécheur nécessaire à la préparation d'air sec pour le système de contrôle du signal de mesure, le générateur d'air zéro (air pur), le calibrateur pour contrôler d'éventuelles dérives et instabilités de l'analyseur. Un automate de gestion et de

stockage de données et de télétransmission ainsi que l'interface raccordé au réseau commuté ou mobile des P&T constituent la partie de l'installation qui n'est pas impliquée directement dans la partie analyse des polluants.

Le traitement informatisé des résultats de mesure de la qualité de l'air ambiant permet des applications variées. Grâce aux données météorologiques on peut éditer des rapports donnant les concentrations de polluant par secteur de vent et juger de l'effet de la vitesse du vent. Lorsque le système détecte, selon des critères prédéfinis, l'imminence d'un épisode aigu de pollution, une alerte en mode interne est déclenchée à l'Administration de l'environnement et signalée à l'utilisateur.

FIGURE 19  
POLLUANT NO<sub>2</sub> - RÉSEAU DE MESURE AUTOMATIQUE

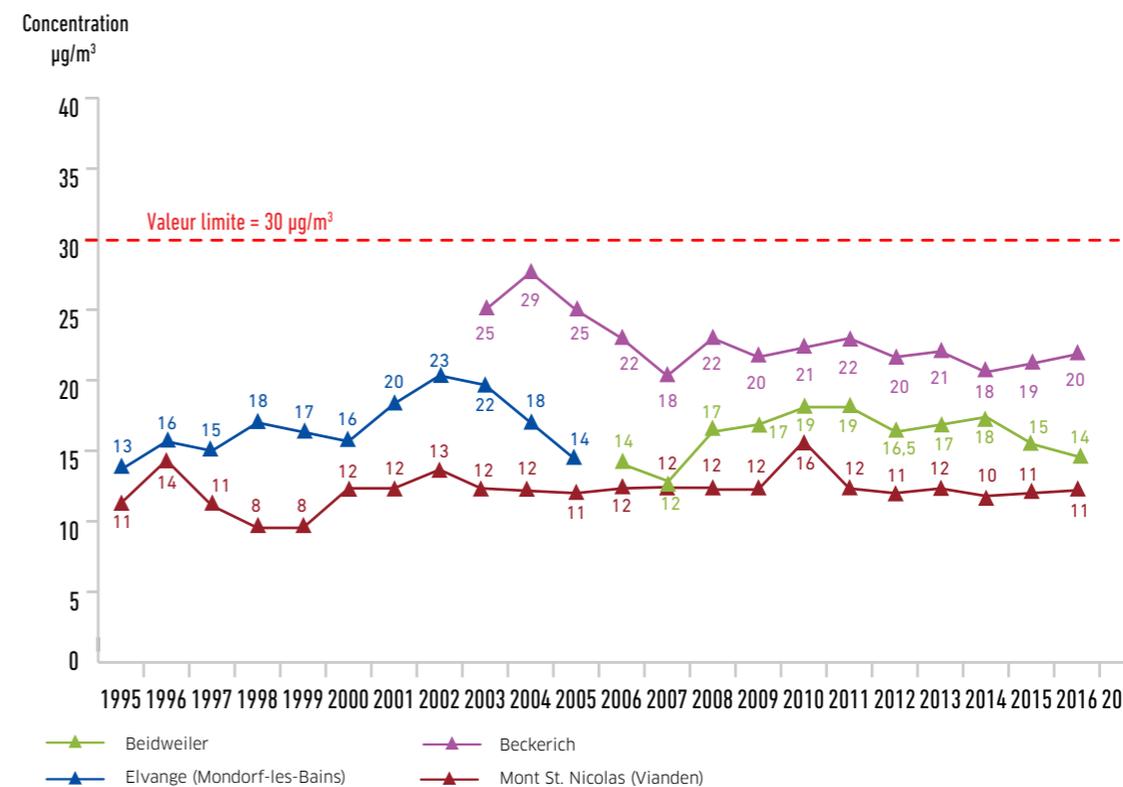


Mesure de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) à Luxembourg-ville et à Esch/Alzette.

La contrôle des niveaux de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, qui représente le polluant-clé, montre des dépassements à Luxembourg -Ville sur l'axe Boulevard Royal-Avenue de la Liberté. Cette problématique est observable dans de nombreuses autres villes dans l'Union Européenne. Depuis 2009 on observe une lente décroissance des teneurs en NO<sub>2</sub> mais la valeur limite continue d'être dépassée. Depuis mai 2015, la station de mesure fixe à LUXEMBOURG-Place Winston Churchill/Boulevard Grande-Duchesse Charlotte a commencé ses mesurages. Les niveaux en NO<sub>2</sub> constatés

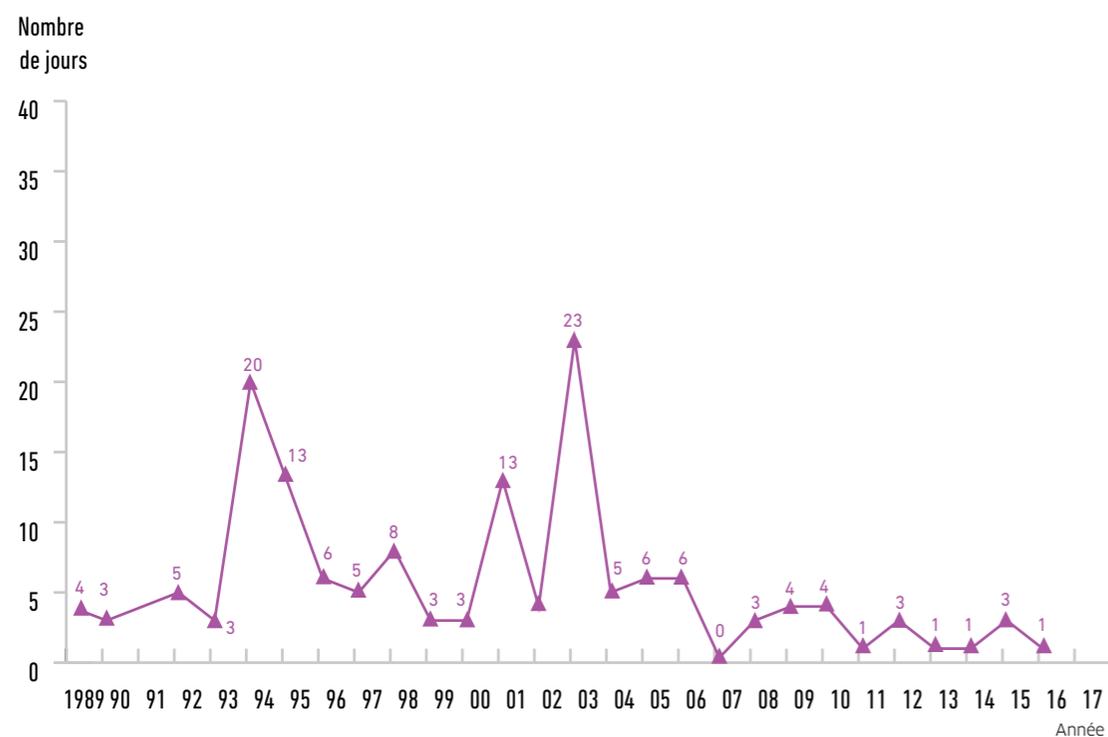
sont du même ordre de grandeur que ceux observés à la station de Luxembourg-Bonnevoie (Figure 13). Le site de Luxembourg-Bonnevoie montre une station avec un niveau stabilisée et le respect de la valeur limite du NO<sub>2</sub>. Au site d'Esch/Alzette-Boulevard Grande-Duchesse Charlotte, le niveau en NO<sub>2</sub> reste durablement en-dessous de la valeur limite et une détérioration de la situation environnementale actuelle en milieu industriel n'est pas observable.

FIGURE 20  
POLLUANT NO<sub>x</sub> - RÉSEAU DE MESURE AUTOMATIQUE



Mesure des oxydes d'azote en milieu rural (protection des écosystèmes). Le niveau critique des oxydes d'azote est respecté afin de protéger les écosystèmes.

FIGURE 21  
POLLUANT O<sub>3</sub> - RÉSEAU DE MESURE AUTOMATIQUE

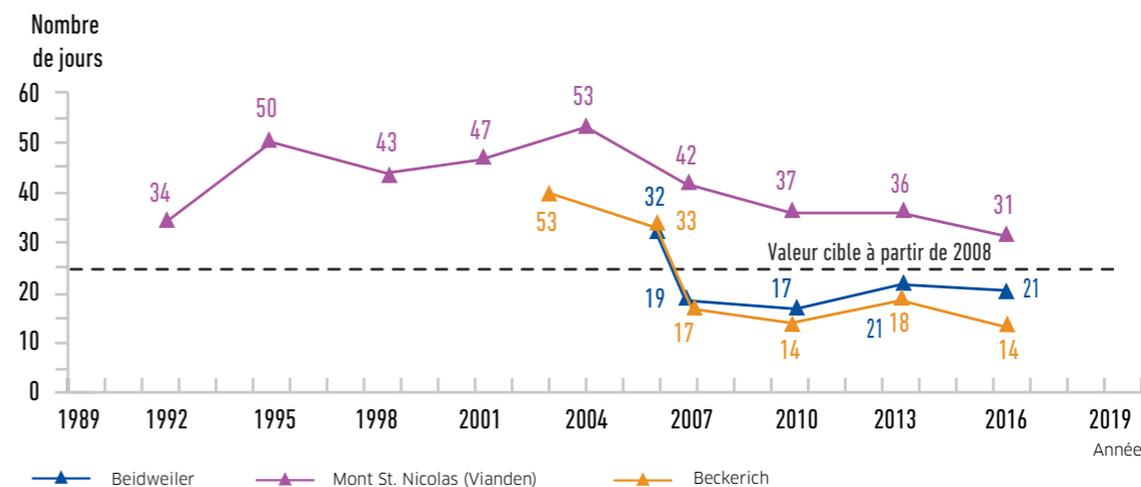


Bilan 1989 - 2016 du nombre de jours avec dépassement de la valeur horaire de 180 µg/m<sup>3</sup> (seuil d'information).

Constat d'une amélioration ces 10 dernières années (voir figure 23), avec un recul du nombre de jours de dépassement de la valeur seuil d'information du public de 180 µg/m<sup>3</sup>. Ce qui permet de conclure que la mise en œuvre de

réduction des émissions des substances précurseurs de l'ozone commence à porter ses fruits, se concrétisant par une réduction de la pollution par l'ozone.

FIGURE 22  
POLLUANT O<sub>3</sub> - RÉSEAU DE MESURE AUTOMATIQUE

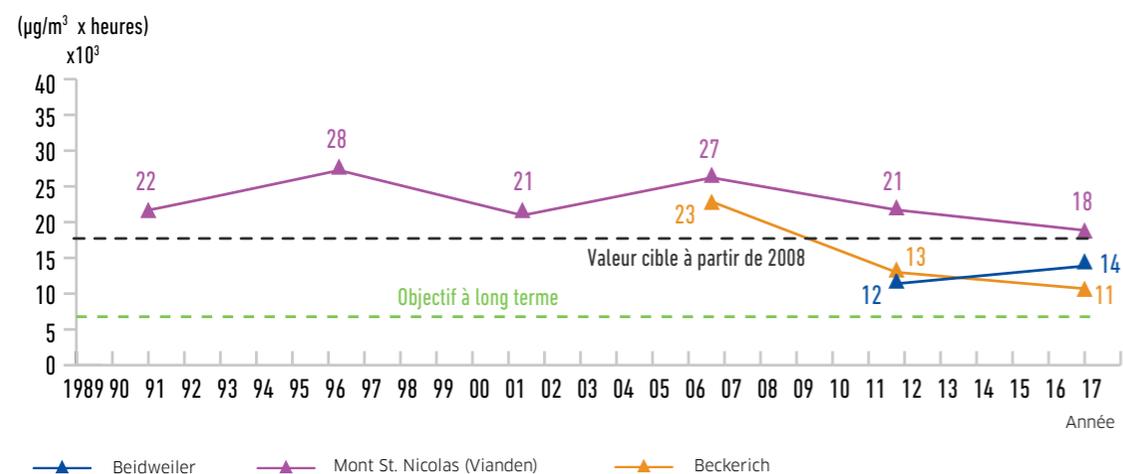


Bilan 1989 - 2016 du nombre de jours avec dépassement de la valeur moyenne sur 8 heures (moyenne glissante).

Il s'agit du maximum journalier de la moyenne sur 8 heures. Il est conseillé à ne pas dépasser cette valeur plus de 25 jours par année civile. Afin d'atténuer l'influence des fluctuations météorologiques, une moyenne est à calculer sur 3 ans. Cette valeur cible est inscrite dans la réglementation nationale. Elle provient de la directive européenne 2008/50/CE qui s'appuie sur une recommandation de l'OMS.

Sur les trois stations rurales installées de façon à garantir une couverture géographique satisfaisante, on constate une tendance à une stabilisation en milieu rural avec deux stations (Beckerich et Beidweiler) où la valeur cible n'est plus dépassée depuis 2007. La station de Vianden dépasse la valeur cible mais la tendance est décroissante. Les observations constatées à la figure 24 confirment celles de la figure 23.

FIGURE 23  
POLLUANT O<sub>3</sub> - AOT40 - RÉSEAU DE MESURE AUTOMATIQUE



**Bilan 1989 - 2016 de la situation relative à la protection de la végétation durant sa période de croissance de mai à juillet (période sensible et niveaux en ozone en augmentation).**

La figure 25 visualise les résultats du calcul de cumul des concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> et le cumul des heures correspondantes. Comme dans le cas de la figure 16, pour écarter l'influence des fluctuations météorologiques, l'AOT40\* est déterminé par une moyenne d'une période de 5 ans (ou 3 ans par défaut). Cette valeur cible (inscrite dans la réglementation nationale) provient également de la directive européenne 2008/50/CE. On peut constater que dans les 3 stations en milieu rural, représentatives des niveaux d'ozone dans le Grand-Duché de Luxembourg, la valeur cible de la directive européenne est respectée de justesse pour la première fois en 2016. Ceci confirme également une amélioration lente mais significative de la pollution par l'ozone.

En dehors des stations de mesure fixes du réseau automatique de télécontrôle de la qualité de l'air, trois stations de mesure du même type sont opérationnels à Remich,

Ettelbrück et Bascharage. Auparavant, des mesures de NO<sub>2</sub> et de PM<sub>10</sub> ont été réalisées à Wasserbillig du 11/10/2013 - 06/01/2015. Elles sont utilisées pour des campagnes de mesures limitées dans le temps à des sites spécifiques où la valeur limite du dioxyde d'azote est susceptible d'être dépassée. Ces stations, dites mobiles, restent sur le site pour 1 à 3 ans. Leur rôle est de contrôler le niveau de NO<sub>2</sub> plus finement afin de détecter les périodes de pointe et des dépassements éventuels. Accessoirement, si le besoin se fait sentir, il est possible de contrôler également le niveau en particules fines PM<sub>10</sub>.

\* somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> et 80 µg/m<sup>3</sup> (40 ppb) durant mai à juillet en utilisant uniquement les valeurs sur une heure mesurées quotidiennement entre 08:00 heures et 20:00 heures (heure de l'Europe Centrale).

**CAMPAGNES DE MESURES  
PAR TUBES À DIFFUSION  
PASSIVE (PRINCIPE DE  
L'ÉCHANTILLONNAGE PASSIF)**



Installation « tube à diffusion passive »

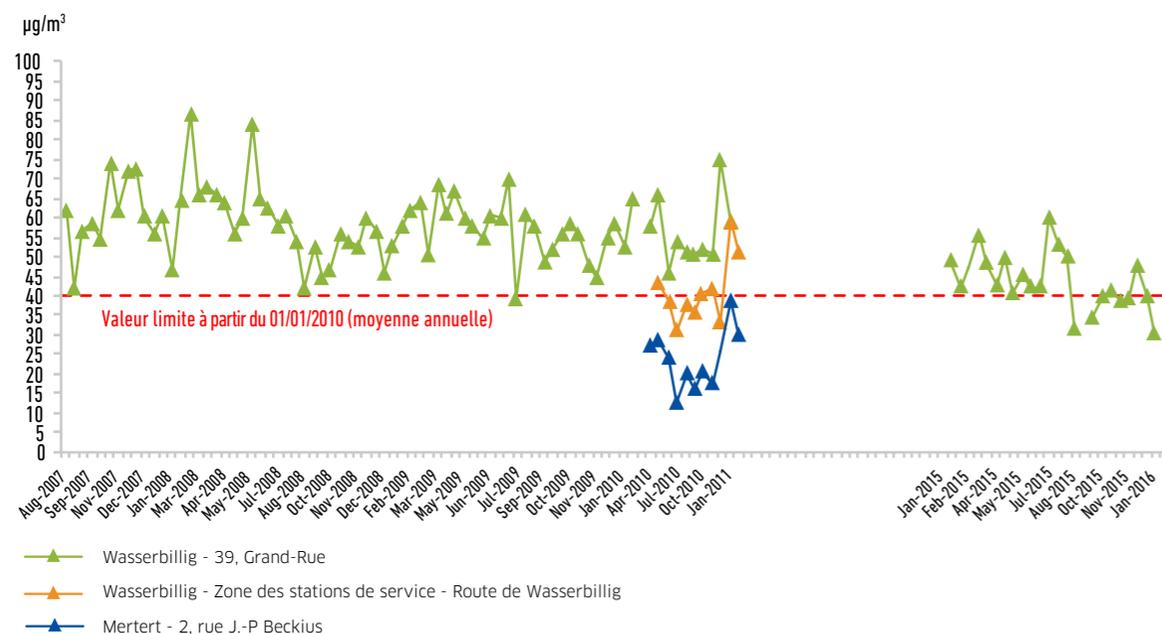
La méthode de l'échantillonnage passif permet l'utilisation d'un équipement simple afin de déterminer les concentrations en dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  et en benzène à des endroits précis. La mise en place d'un réseau avec plusieurs points de mesure est rapide et nécessite peu de matériel. Le coût d'un point de mesure est nettement plus avantageux et plus facile à gérer qu'avec une station de mesure. L'objectif de qualité des données de ces deux polluants est conforme à la directive européenne 2008/50/CE et a été mis en évidence dans des démonstrations de l'équivalence des méthodes autres que les méthodes de référence (avec une incertitude étendue de 10%). Selon les besoins, plusieurs points de mesure peuvent être aménagés pour constituer un réseau de surveillance.

L'échantillonnage passif consiste à exposer à l'air libre pendant une durée fixée, à environ 3 mètres de hauteur, des tubes adsorbants (tubes cylindriques de 3 à 7 cm de longueur et environ 1 cm de diamètre). Par simple diffusion du polluant présent dans l'air, celui-ci va être piégé par l'échantillonneur.

Le principe général des tubes à diffusion passive repose sur une méthode simple qui permet de détecter la concentration moyenne de polluants précis dans l'atmosphère. Cette méthode utilise le phénomène de transfert de matière appelé diffusion moléculaire. Cette diffusion se traduit par la migration des molécules-polluant d'une zone de forte concentration dans l'air ambiant vers un dispositif de captage de concentration initiale nulle représenté par le tube passif. Les polluants sont piégés par des phénomènes physico-chimiques différents comme l'adsorption (polymères, charbons actifs,...), la chimisorption sur des matériaux imprégnés (filtres, absorbants, ...). Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire de chimie et la concentration moyenne du ou des polluants est calculée pour la durée d'exposition du tube et exprimée en microgrammes par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). L'échantillonnage passif ne permet pas de recevoir des informations pointues sur les fluctuations courtes (1 heure ou plus) de sa concentration dans l'air ambiant. En effet la valeur d'analyse constitue généralement une valeur moyenne concernant toute la période d'exposition choisie pour l'exposition du tube passif (une à 3 semaines).

FIGURE 24  
POLLUANT **NO<sub>2</sub>** - ÉCHANTILLONNAGE CONTINU  
À 2 SEMAINES AVEC TUBES À DIFFUSION PASSIVE

Premiers mesurages à des points de mesure spécifiques en utilisant des tubes à diffusion passive sur une ou plusieurs années.



BILAN ANNUEL DE TOUS LES MESURAGES PAR ÉCHANTILLONNAGE PASSIF	TENEUR EN NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - MOYENNE ANNUELLE		
	Wasserbillig, 38 Grand Rue	Wasserbillig, Route de Wasserbillig	Mertert, 2, rue J.-P. Beckus
Moyenne 27/07/07 - 28/12/07	61	/	/
Moyenne 2008	59	/	/
Moyenne 2009	57	/	/
Moyenne 2010	57	41	24
Moyenne 2015	44	/	/
<b>VALEUR LIMITE (MOYENNE ANNUELLE) : 40 µg/m<sup>3</sup></b>			

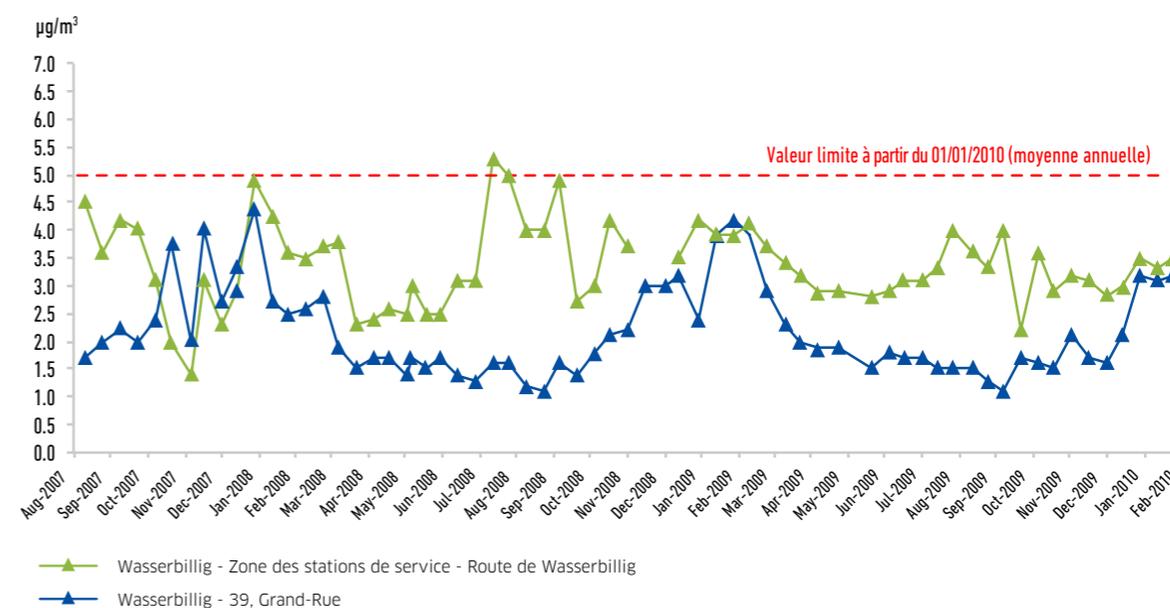
Un dépassement de la valeur limite du NO<sub>2</sub> (moyenne annuelle) est constaté à Wasserbillig de 2007 à 2010 (figure 26) suite à des plaintes des habitants de la Grande Rue au sujet d'une mauvaise qualité de l'air. Un nouveau contrôle en 2015 montre un dépassement nettement moins

important, allant dans le sens d'une amélioration de la qualité de l'air ambiant suite à une modernisation du parc automobile. Un plan qualité de l'air est en cours pour réduire d'avantage les sources d'émissions de NO<sub>2</sub> afin de respecter la norme de qualité de l'air.

FIGURE 25  
POLLUANT **BENZÈNE** - ÉCHANTILLONNAGE DURANT  
2 SEMAINES PAR TUBES À DIFFUSION PASSIVE

La norme européenne concernant le benzène à Wasserbillig (figure 27) est respectée aux 2 points de mesure (une zone de stations-service avec distribution de carburant

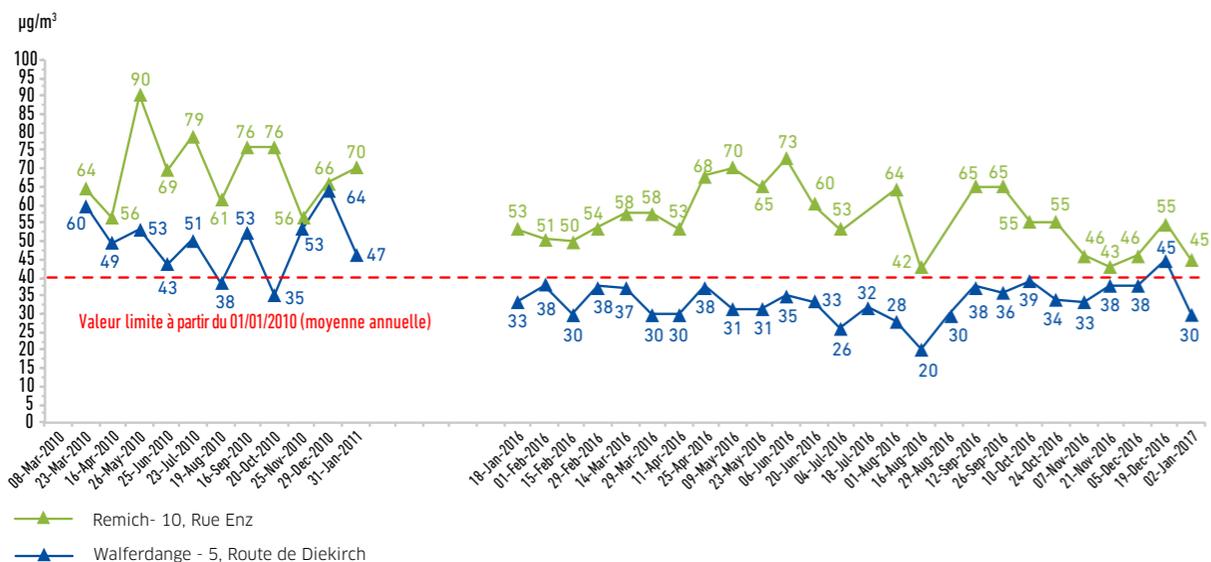
et un site de mesure au centre de la localité, caractérisé par un trafic important dans une rue étroite).



BILAN ANNUEL DE TOUS LES MESURAGES PAR ÉCHANTILLONNAGE PASSIF	TENEUR EN BENZENE (µg/m <sup>3</sup> )	
	Wasserbillig, Route de Wasserbillig	Wasserbillig, 38 Grand Rue
Moyenne 27/07/07 - 28/12/07	3.3	2.8
Moyenne 2008	3.5	2.0
Moyenne 2009	3.3	2.1
<b>VALEUR LIMITE (MOYENNE ANNUELLE) : 5 µg/m<sup>3</sup></b>		

FIGURE 26  
 POLLUANT NO<sub>2</sub> - ÉCHANTILLONNAGE DURANT 2 SEMAINES PAR TUBES À DIFFUSION PASSIVE

La norme européenne concernant le benzène à Wasserbillig (figure 27) est respectée aux 2 points de mesure (une zone de mesurages du NO<sub>2</sub> ( tubes à diffusion passive), installés dans 2 localités différents caractérisés par un trafic de passage important (>10.000 véhicules par jour).



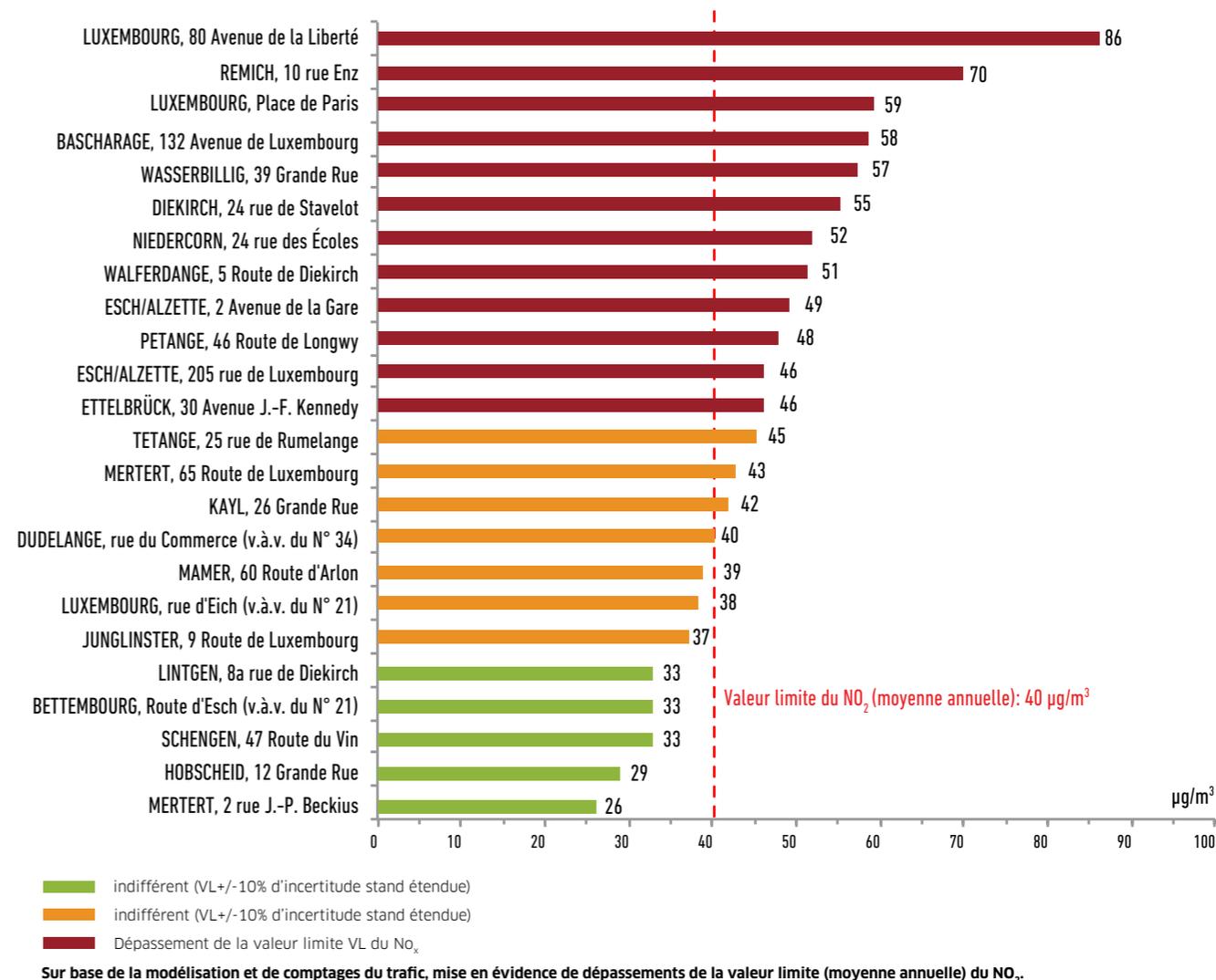
BILAN ANNUEL DE TOUTS LES MESURAGES PAR ÉCHANTILLONNAGE PASSIF	TENEUR EN NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - MOYENNE ANNUELLE	
	Remich, 10, rue Enz	Walferdange, 35, route de Diekirch
Moyenne 2010: 08/03/2010 - 26/01/2011	70	50
Moyenne 2016: 04/01/2016 - 02/01/2017	56	34
<b>VALEUR LIMITE (MOYENNE ANNUELLE): 40 µg/m<sup>3</sup></b>		

La figure 28 montre un premier contrôle en 2010 qui met en évidence des dépassements de la norme de qualité de l'air. Un nouveau contrôle en 2016 à Remich confirme le résultat de 2010. Le dépassement à Walferdange a été

résorbé grâce à l'ouverture à la circulation de la route du Nord. La circulation s'est réduite, notamment le passage de camions a diminué de façon significative.

FIGURE 27

Constitution d'un réseau de mesure temporaire de 24 sites de mesure à l'aide de tubes passifs NO<sub>2</sub> pour la période février 2010 - janvier 2011.



## 5

# RÉSEAU DE BIOSURVEILLANCE

Le réseau de biosurveillance installé progressivement depuis fin 1995, comporte selon les nécessités de surveillance entre 15 et 20 sites d'observation. Au 01.01.2017, un réseau de 13 sites de collecte est exploité pour les mousses et un réseau de 5 sites d'exposition de plants cultivés (légumes feuille) mis dans des pots avec de la terre standardisée et installés dans des bacs à une hauteur d'un mètre portés par une monture métallique. Le réseau de légumes feuille suit les instructions inscrites dans la norme VDI-Richtlinie 3957, Blatt 3, Nr. 3.1.4. La priorité est donnée au contrôle des niveaux en dioxines/furannes (PCDD/PCDF). En complément sont également déterminés les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB) et les métaux lourds tels que le plomb, le zinc, le cadmium, le chrome, le mercure, l'arsenic, le nickel et le molybdène.

Une attention particulière est accordée aux zones urbanisées à proximité des aciéries à arc électrique, d'Esch/Belval et de Differdange. Le site d'Esch/Schifflange ayant arrêté ses activités en 2012, la biosurveillance n'est plus continuée après 2015. Quatre campagnes d'exposition et d'analyse de bioindicateurs sont réalisées afin de couvrir toute l'année et d'assurer une surveillance en continu.

Les espèces suivantes sont utilisées dans ce programme:

- les mousses (espèce *Brachythecium rutabulum*). Période de croissance normale dans leur milieu naturel (de la mi-septembre à la mi-avril),
- les choux verts à feuilles polylobées (espèce *Brassica oleracea*) résistant au froid et aux gelées en novembre-décembre. La période d'exposition s'étend généralement de mi-mai à mi-juillet et de mi-septembre à mi-décembre.,
- le céleri feuille (espèce *Apium graveolens*). ) et résistant bien aux éventuelles fortes chaleurs estivales. La période d'exposition fixée pour le céleri feuille est de mi-juillet à mi-septembre.

Une attention particulière est accordée aux niveaux en dioxines/furannes/PCB et en plomb.

Depuis 2004, l'Administration de l'Environnement applique la recommandation de l'OMS en rajoutant aux équivalents de toxicité des dioxines et furannes (OMS-TEQ) les équivalents de toxicité OMS-TEQ des PCB. Cette recommandation de l'OMS s'inscrit dans un renforcement de la lutte contre les niveaux actuels en dioxines/furannes et en PCB jugés trop élevés par cette institution internationale.

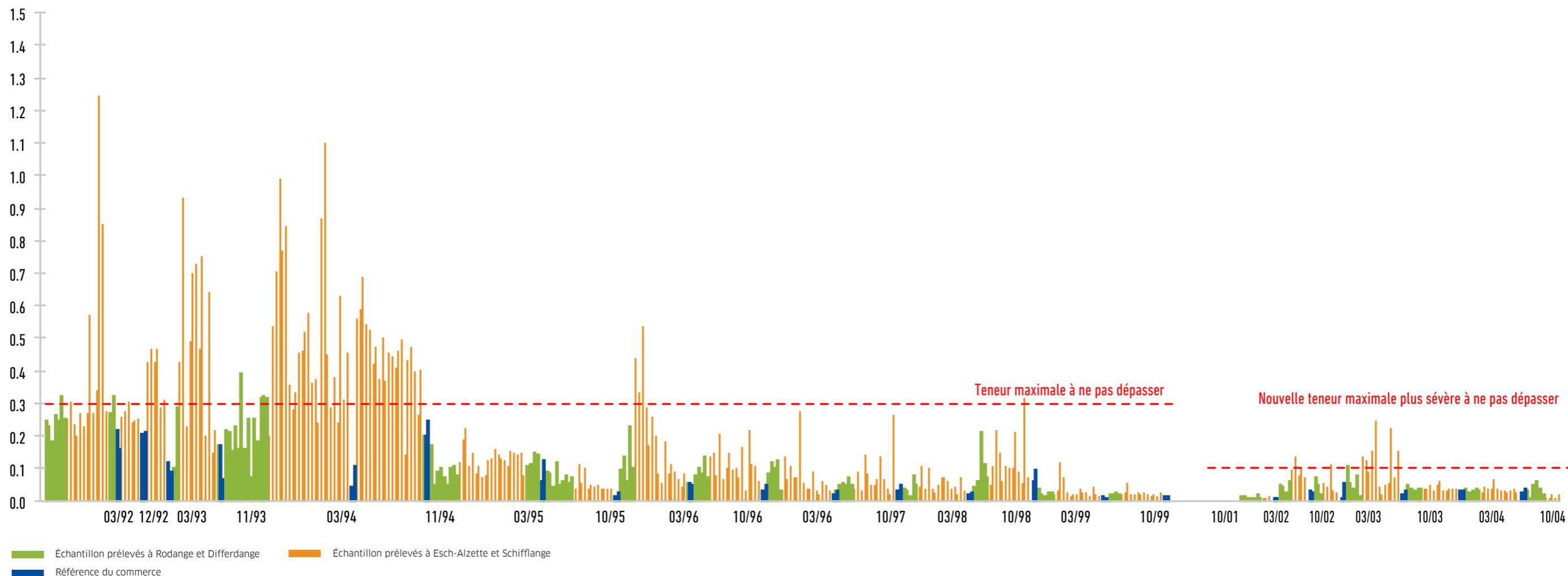


Dispositif de collecte à l'aide de bioindicateurs.

FIGURE 28  
TENEUR EN PLOMB DANS LES LÉGUMES FRAIS CULTIVÉS (POIREAUX LAVÉS),  
DANS LES JARDIN DE HABITANTS

Surveillance et contrôle des niveaux en plomb dans des légumes cultivés dans les jardins des habitants proches des sites sidérurgiques en activité.

Concentration en plomb (mg/kg de légumes frais)

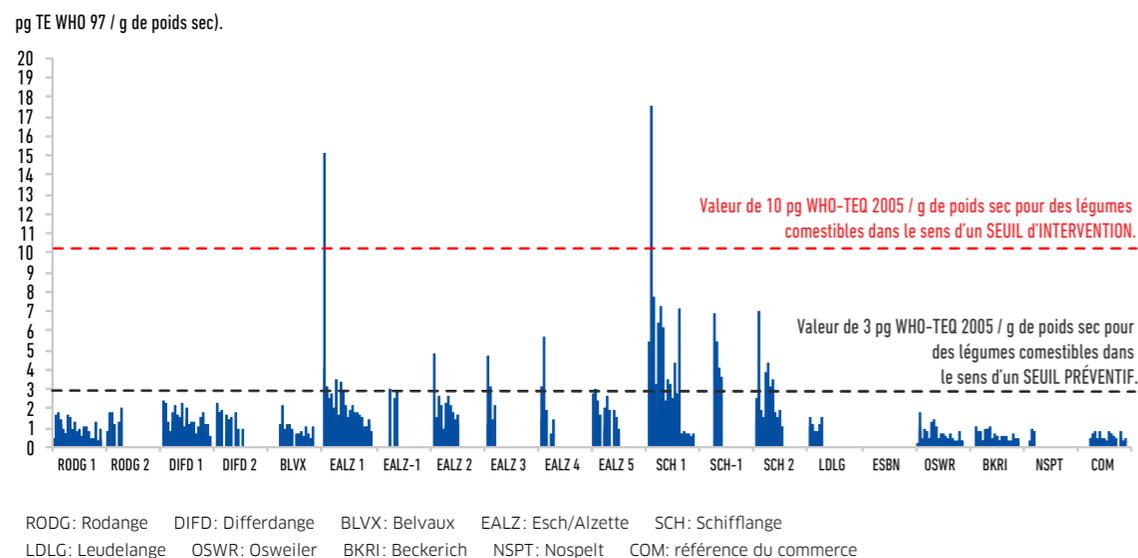


Campagnes de prélèvement du 16 mars 1992 au 19 octobre 2004

Suite à des plaintes répétées des habitants de Schifflange, un réseau de points de prélèvement de légumes cultivés a été mis en place et étendu progressivement à d'autres localités du bassin minier. Le choix des emplacements a été facilité par les résultats des retombées de poussières du réseau Bergerhoff. Des problèmes de contamination excessive au plomb ont été mis en évidence dans certains quartiers notamment à Schifflange et à Esch/Alzette. Le passage des aciéries classiques à des aciéries à arc électrique a permis de diminuer significativement les émissions de poussières en provenance de la sidérurgie.

FIGURE 29  
TENEUR EN DIOXINES, FURANNES ET POLYCHLOROBIPHÉNYLES  
DANS LES LÉGUMES FEUILLES. RÉSEAU DE BIOSURVEILLANCE

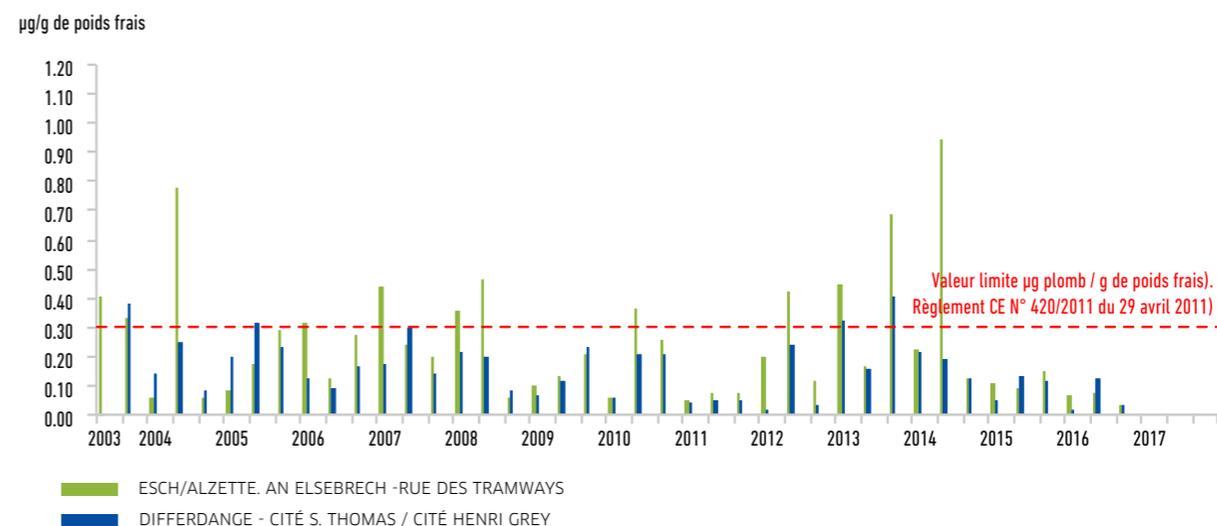
Surveillance des niveaux en dioxines, furannes et polychlorobiphényles (PCDD/PCDF/PCB) à l'aide du réseau de biosurveillance (selon la norme VDI-Richtlinie 3957, Blatt 3, Nr. 3.1.4.) et en utilisant des espèces comestibles de légumes feuille.



Suite au passage à des aciéries à arc électrique lors de la sidérurgie, les niveaux en dioxines sont contrôlés. Les émissions des aciéries électriques sont des sources potentielles pour rejeter des dioxines dans l'air ambiant. Le réseau de biosurveillance présente une sensibilité élevée pour accumuler ces polluants hautement cancérigènes. La période la plus critique est la phase de démarrage de la nouvelle installation. Deux pics de pollution ont été

détectés durant cette phase avec dépassement du seuil d'intervention (recommandation à la population dans les quartiers sensibles de ne pas consommer des légumes feuille cultivés dans leur jardin). A Esch/Alzette et notamment à Schiffflange le seuil préventif est dépassé, justifiant la surveillance des niveaux en dioxines. La situation s'est normalisée ensuite à tous les points de mesure.

FIGURE 30  
TENEURS EN PLOMB PAR BIOACCUMULATION DANS LES LÉGUMES FEUILLES.  
RÉSEAU DE BIOSURVEILLANCE.



La figure 33 montre les teneurs en plomb accumulés par des légumes feuille durant la période 2003 - 2016. A ces deux sites sensibles, une activité sidérurgique importante est encore présente. Des dépassements sporadiques faibles du seuil sanitaire de la teneur maximale du plomb à ne pas dépasser sont encore observables. A Esch/Alzette, ces dépassements sont nettement plus importants. Les légumes

cultivés dans ces quartiers sont à considérer comme impropres à la consommation. Cette pollution par des poussières et la présence de plomb est attribué aux crassiers de scories, aux poussières libérées dans l'air ambiant par la circulation des véhicules lourds et les sources diffuses de poussières en provenance des halls industriels.

Ce réseau de mesure installé progressivement depuis 2001, comporte au 01 janvier 2017 quatre stations (Esch/Alzette, Beckerich, Luxembourg-ville (Villa Louvigny) et Beidweiler. Les mesurages concernent les espèces chimiques dissoutes dans les pluies en provenance des sources d'émission d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote, de chlorures et de métaux lourds. Les stations de Beckerich et Beidweiler ont essentiellement pour mission de fournir des données concernant la pollution de fond en milieu rural et en retrait des sources d'émission importantes.

La surveillance des espèces chimiques dissoutes dans les pluies s'inscrit dans un cadre international (protocoles à la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance comme la lutte contre les émissions d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières, fait à Sofia le 31 octobre 1988, la nouvelle réduction des émissions de soufre, signé à Oslo, le 14 juin 1994 et le protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique signé à Göteborg en décembre 1999). La Commission économique des Nations Unies pour l'Europe a déposé auprès de l'ONU une modification du texte et des annexes II à IX du Protocole de 1999 et un ajout de nouvelles annexes X et XI. Les substances ammoniac, particules fines et carbone élémentaire ont été ajoutées.

Cette méthode de surveillance est un indicateur supplémentaire afin de suivre l'évolution de l'acidification et de l'eutrophisation. Si les stratégies de réduction, mises en œuvre pour les émissions des différents composés, sont efficaces on devrait observer à long terme une baisse des

niveaux de concentration notamment pour les nitrites, nitrates, sulfates et ammonium.

La collecte des pluies est effectuée sur une base hebdomadaire. Le système est conçu pour ne collecter que des précipitations, essentiellement sous forme de pluies et occasionnellement sous forme de grêle, de neige et parfois du brouillard. Un détecteur d'humidité commande l'ouverture du dispositif lors de précipitations afin d'éviter la collecte de dépôt sec. Ce dispositif est la partie la plus sensible du système de collecte. Un enregistreur d'ouverture, de fermeture et d'alarmes permet de contrôler le fonctionnement normal du dispositif.

Les paramètres surveillés dans l'eau de pluie collectée sont les suivants:

- pH et conductivité
- cations:  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca_2^+$ ,  $Mg_2^+$ .
- anions:  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,

Aux ions  $Ca_2^+$  et  $Mg_2^+$  est attribuée une origine naturelle (origine marine et terrigène), mais qui peuvent comporter une origine anthropique (par exemple: activité industrielle).

Les composés anioniques  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , (il faut ajouter l'ion  $NH_4^+$  du groupe des cations), font partie d'aérosols dits secondaires constitués  $NH_4NO_3SO_4(NH_4)_2$  et  $HSO_4NH_4$ . Ils résultent de la transformation dans l'atmosphère des polluants primaires  $NH_3$ ,  $NO_x$  et  $SO_2$  (Finlayson-Pitts et Pitts 1986). Ces aérosols peuvent servir de noyaux de condensation aux gouttes d'eau. Ils peuvent aussi être lessivés par la pluie tombante.



Dispositif de collecte de précipitations de pluie, brouillard, neige ou grêle

Le bilan de 17 années de mesurages se présente comme suit.

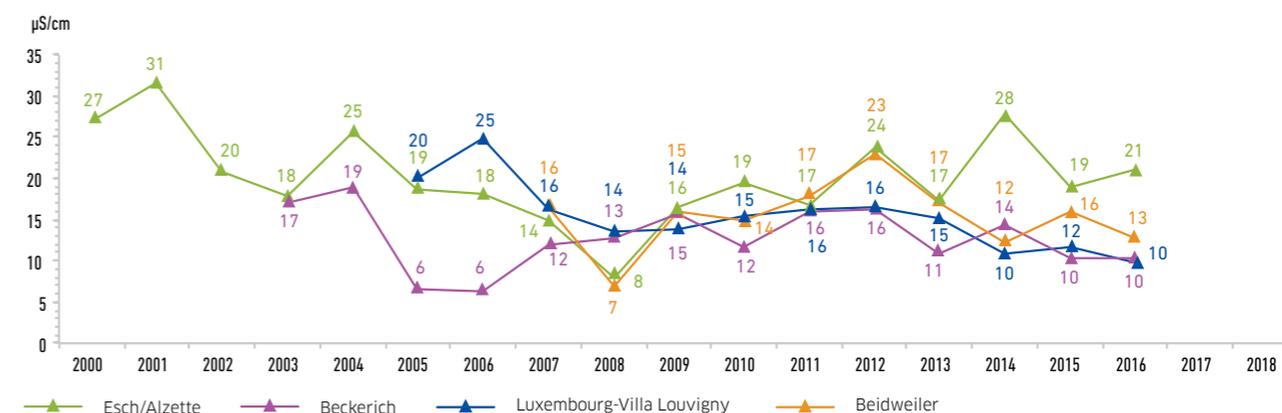
- Le pH des eaux de pluie collectées varient entre 6.70 et 5.50. Le niveau de référence, en tenant compte de l'équilibre du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans les précipitations naturelles, est 5.65. Les précipitations d'un pH inférieur à 5.65 sont classées acides.
- Les ions sulfates sont en baisse constante depuis 1997 et sont passés de 50 µmol/L à 10 µmol/L en 2016. La réduction importante des sources d'émission de dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> a contribué largement à ce résultat. Le SO<sub>2</sub> est responsable des pluies acides provoquant notamment des dommages aux forêts.
- La mesure du paramètre conductivité permet d'évaluer plus globalement la présence d'espèces ioniques et leur

Ce réseau de mesure installé progressivement depuis 2001, comporte au 01.01.2017 quatre stations (Esch/Alzette, Beckerich, Luxembourg-ville (Villa Louvigny) et Beidweiler. Les mesurages concernent les espèces

chimiques dissoutes dans les pluies en provenance des sources d'émission d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote, de chlorures et de métaux lourds. Les stations de Beckerich et Beidweiler ont essentiellement pour mission de fournir des données concernant la pollution de fond en milieu rural et en retrait des sources d'émission importantes.

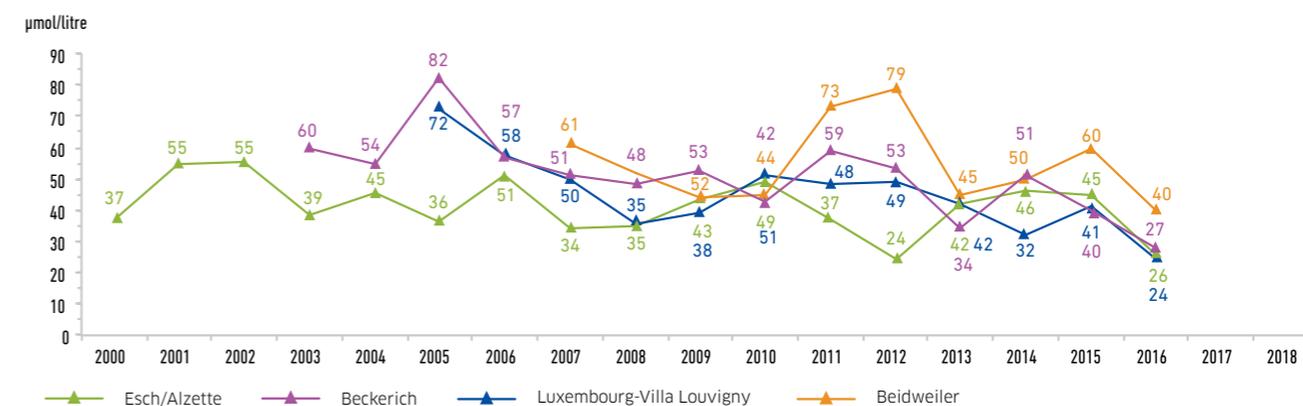
La surveillance des espèces chimiques dissoutes dans les pluies s'inscrit dans un cadre international (protocoles à la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance comme la lutte contre les émissions d'oxydes d'azote ou leurs flux transfrontières, fait à Sofia le 31 octobre 1988, la nouvelle réduction des émissions de soufre, signé à Oslo, le 14 juin 1994 et le protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique signé à Göteborg en décembre 1999). La Commission économique des Nations Unies pour l'Europe a déposé auprès de l'ONU une modification du texte et des annexes II à IX du Protocole de 1999 et un ajout de nouvelles annexes X et XI. Les substances ammoniac, particules fines et carbone élémentaire ont été ajoutées.

FIGURE 31  
RÉSEAU DE COLLECTE DE PLUIES. SURVEILLANCE DE LA CONDUCTIVITÉ



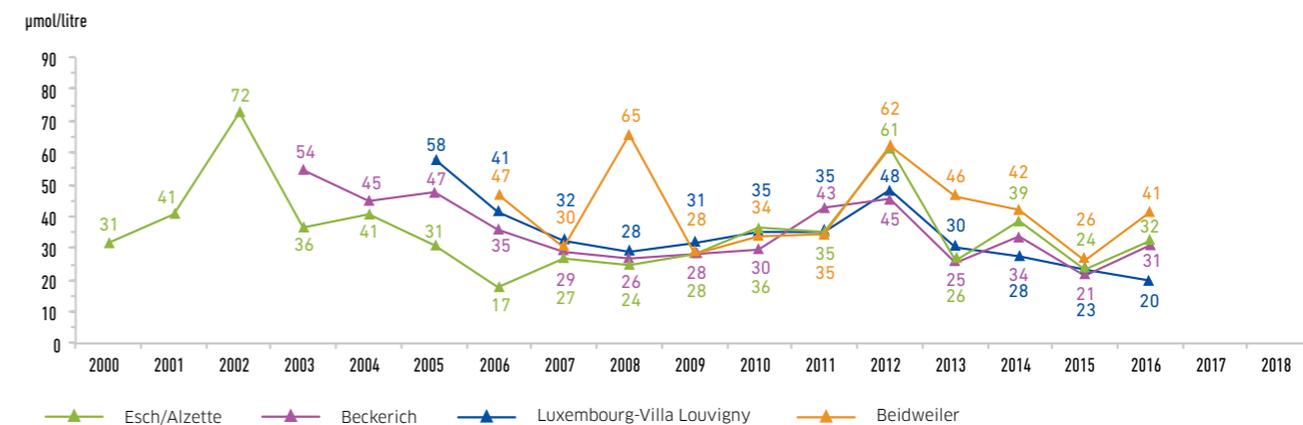
En 2005 seulement 7 semaines de mesures en fin d'année à Esch-sur-Alzette

FIGURE 32  
RÉSEAU DE COLLECTE DE PLUIES. SURVEILLANCE DU CATION AMMONIUM (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)



En 2005 seulement 7 semaines de mesures en fin d'année à Esch-sur-Alzette

FIGURE 33  
RÉSEAU DE COLLECTE DE PLUIES. SURVEILLANCE DE L'ANION NITRATE (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



En 2005 seulement 7 semaines de mesures en fin d'année à Esch-sur-Alzette

## LE RÉSEAU-OBSERVATOIRE ÉCO-LICHÉNIQUE COMME INDICATEUR DE LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT DANS SA GLOBALITÉ ET DE L'ÉTAT DE L'AIR AMBIANT EN PARTICULIER

En 2005, l'administration de l'environnement a initié un réseau-observatoire éco-lichénique sur la base d'une observation des peuplements de lichens se développant naturellement sur les troncs d'arbres (d'où la désignation : lichens épiphytiques). Ce réseau permet à fournir des informations dans le long terme sur la qualité de l'environnement ambiant.

L'observatoire éco-lichénique du Luxembourg comporte actuellement 8 « stations » réparties dans la moitié sud du pays. Après 2005 et 2009, le troisième relevé a été réalisé en 2013, selon un rythme de 4 ans jugé approprié pour cet exercice de surveillance de l'environnement.

Par le libre jeu des actions des polluants transportés par l'air, les pluies et le microclimat, les espèces épiphytiques disparaissent et d'autres apparaissent très progressivement. Ceci permet d'obtenir des informations complémentaires pour évaluer plus généralement les conditions environnementales et plus spécifiquement les tendances d'évolution du milieu atmosphérique.

Le réseau de « stations » se compose de 8 placettes. La commune de Schifflange a rejoint ce réseau-observatoire éco-lichénique avec une station localisée sur son territoire. A chaque « placette » ont été choisis 6 arbres (c.à.d. des phorophytes = végétal qui supporte une autre plante) et qui ont été retenues pour leur peuplement lichénique le plus développé en terme de biodiversité et de recouvrement. L'inventaire de référence de taxons (organismes vivants possédant en commun certains caractères), se fait sur une liste fixe d'un total de 78 taxons.

La grille de qualité (figure 38) ci-dessous se réfère à la norme allemande VDI 3957/13 en 2005 et montre une appréciation de l'air ambiant en relation avec le statut d'eutrophisation.

FIGURE 34  
TABLEAU D'APPRÉCIATION DE L'AIR AMBIANT ET CLASSEMENT  
DES 9 STATIONS DU RÉSEAU ECO-LICHÉNIQUE

«SITE»	APPRÉCIATION DE L'AIR AMBIANT			STATUT D'EUTROPHISATION		
	2005	2009	2013	2005	2009	2013
Grosbous	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Beckerich	Vert clair	Vert clair	Vert clair	Vert foncé	Vert foncé	Vert foncé
Luxembourg-Merl/Hollerich	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Dudelange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Mondorf-les-Bains	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Luxembourg-Bonnevoie	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Esch-sur-Alzette	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Schifflange	/	Orange	Orange	/	Orange	Orange
Pétange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange

Estimation qualitative de l'air ambiant

Vert foncé	très bonne	Orange	très forte
Vert clair	bonne	Vert foncé	forte
Orange	moyenne	Vert clair	moyenne
Orange	mauvaise	Orange	faible

Il existe des indices de qualité écophysologique qui sont destinés à fournir une appréciation différenciée de l'air ambiant. Deux indices sont présentés dans les deux tableaux (figures 39 et 40) et se basent sur la norme allemande VDI 3957/8 de 2002.



Lichen épiphytique toxissensible *Ramalina fraxinea*. Photo © BIOMONITOR

FIGURE 35  
TABLEAU DES INDICES D'ACIDO-BASICITÉ AUX 9 STATIONS  
DU RÉSEAU D'OBSERVATION ÉCO-LICHÉNIQUE POUR LES RELEVÉS 2005, 2009 ET 2013

«SITE»	INDICE D'ACIDO-BASICITÉ			REMARQUES CONCERNANT L'ÉVOLUTION 2013 / 2005
	2005	2009	2013	
Grosbous	4.9	5.0	5.1	Faiblement significatif
Beckerich	5.2	5.3	5.4	-
Luxembourg-Merl/Hollerich	5.4	5.4	5.3	-
Dudelange	5.7	5.8	5.7	-
Mondorf-les-Bains	5.2	5.3	5.3	-
Luxembourg-Bonnevoie	5.2	5.6	5.6	Significatif
Esch-sur-Alzette	6.1	6.0	5.9	Significatif
Schifflange	/	6.1	5.9	-
Pétange	5.5	5.7	5.7	-

Indices plus faibles pour les peuplements lichéniques à caractère acidophile.

Indices plus élevés pour les peuplements lichéniques à caractère basophile.



Lichen épiphytique nitrophile Xanthoria parietina. Photo © BIOMONITOR

FIGURE 36  
TABLEAU DES INDICES TROPHIQUES (INDICE QUI DÉCRIT LES CARACTÉRISTIQUES DE LA COMMUNAUTÉ LICHÉNIQUE VIS-À-VIS DES TENEURS EN AZOTE DANS L'AIR AMBIANT) AUX 9 STATIONS DU RÉSEAU D'OBSERVATION ÉCO-LICHÉNIQUE POUR LES RELEVÉS 2005, 2009 ET 2013

«SITE»	INDICE D'ACIDO-BASICITÉ			REMARQUES CONCERNANT L'ÉVOLUTION 2013 / 2005
	2005	2009	2013	
Grosbous	5.3	5.3	5.5	Site à espèces marquant une franche nitrophobie
Beckerich	5.7	6.0	6.0	Faiblement significatif
Luxembourg-Merl/Hollerich	6.6	6.6	6.5	-
Dudelange	6.7	6.9	56.8	-
Mondorf-les-Bains	6.3	6.4	6.4	-
Luxembourg-Bonnevoie	6.5	6.7	6.7	Significatif
Esch-sur-Alzette	7.3	7.2	76.9	Site à espèces marquant une franche nitrophilie. Significatif.
Schiffflange	/	7.0	5.9	-
Pétange	6.7	6.8	6.8	-

Indices plus faibles pour les peuplements lichéniques à caractère acidophile (et une certaine nitrophobie).

Indices plus élevés pour les peuplements lichéniques à caractère basophile (basophilie et nitrophilie vont de pair).



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère du Développement durable  
et des Infrastructures

Administration de l'environnement

Version 2017