

ETUDES DES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRESTRES - GUIDE

MARS 2023

D'ËMWELTVERWALTUNG

Am Déngscht vu Mënsch an Ëmwelt



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de l'environnement

Etudes des Incidences sur l'Environnement des Infrastructures de Transports Terrestres

Guide pour une Approche Systématique de la Réalisation des
Etudes Acoustiques sur l'Environnement Humain

Version 1.1 du 22 mars 2023

Versions du guide

Version	Description	Organisme en charge	Statut de publication
1.0	Guide du 18 décembre 2018	ATech Acoustic Technologies	Publié le 19 décembre 2018 sur emwelt.lu
1.1	Guide du 21 mars 2023	Administration de l'environnement	Publié le 22 mars 2023 sur emwelt.lu

Version

1.1

Le présent guide sera actualisé en cas de besoin.

Veillez trouver la version la plus actuelle sur le site

<https://environnement.public.lu/fr/emweltprozeduren/formations>

Contact

Administration de l'environnement

Unité Surveillance et Evaluation de l'environnement

Madame Isabelle NAEGELEN (isabelle.naegelen@aev.etat.lu)

1, avenue du Rock'n'roll

L - 4361 Esch-sur-Alzette

Table des Matières

0.	INTRODUCTION.....	5
0.1	Contexte et But du Guide.....	5
0.2	Cadre légal et réglementation.....	5
0.2.1	Etudes d'Incidences sur l'Environnement	5
0.2.2	Etudes d'Incidences sur l'Environnement : partie bruit	6
0.2.3	Europe	6
0.2.4	Luxembourg.....	6
0.2.5	Organismes agréés au Luxembourg	6
1.	CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE.....	7
1.1	Introduction	8
1.1.1	Objet de l'étude.....	8
1.1.2	Description de l'environnement sonore existant	8
1.1.3	Description du projet.....	8
1.1.4	Méthodologie retenue	8
1.2	Environnement sonore existant	9
1.2.1	Etat des lieux acoustique.....	9
1.2.1.1	Description des points de mesure	9
1.2.1.2	Résultats des mesures.....	9
1.2.1.3	Analyse des mesures	9
1.2.1.4	Conclusion	10
1.3	Etude des différentes situations.....	10
1.3.1	Données	10
1.3.2	Calculs de propagation	10
1.3.2.1	Calculs en des points d'immission discrets.....	11
1.3.2.2	Calculs de cartes de bruit	11
1.3.3	Résultats.....	11
1.3.4	Analyse	11
1.4	Conclusions	12

2. ANNEXES	13
2.1 Exigences pour la réalisation de mesures de bruit	13
2.1.1 Appareillage de mesure	13
2.1.2 Conditions de mesure	13
2.1.3 Fiches descriptives des points de mesure	13
2.2 Exigences pour les données à utiliser pour la modélisation	14
2.2.1 Infrastructures existantes	14
2.2.2 Infrastructures projetées	14
2.2.3 Environnement	15
2.2.4 Informations complémentaires	15
2.3 Exigences pour l'établissement des calculs	15
2.3.1 Paramètres à considérer	15
2.3.2 Calcul en des points d'immission discrets	16
2.3.3 Etablissement des cartes de bruit	16
2.3.4 Prescriptions complémentaires	17
2.4 Remise des données	18

0. INTRODUCTION

0.1 Contexte et But du Guide

L'Administration de l'environnement du Grand-Duché de Luxembourg a missionné A-Tech afin de rédiger une première version d'un « Guide pour une Approche Systématique de la Réalisation des Etudes des Incidences Acoustiques sur l'Environnement Humain » dans le cadre de projets d'infrastructure de transports terrestres. Ce guide s'adresse aux experts en charge d'analyser les incidences acoustiques de projets sur l'environnement des transports terrestres, à savoir les infrastructures routières et les chemins de fer (trains et trams).

Le cadre de la mission est défini dans le contexte plus global des « Etudes d'Incidences sur l'Environnement (EIE) », c'est-à-dire les études permettant de qualifier les incidences d'un projet sur l'environnement dans lequel il va s'inscrire¹ : ces études sont effectuées au stade de l'avant-projet sommaire (APS) et / ou au stade de l'avant-projet définitif (APD) ; elles ne concernent donc pas les études stratégiques ni les études de projet / d'exécution.

Il est important de noter que les EIE contiennent différents facteurs à analyser, dont le bruit est un des critères relatifs au facteur « population et santé humaine ». Ainsi, les « Etudes des Incidences Acoustiques sur l'Environnement Humain » viennent s'insérer dans le cadre des EIE.

Le guide a pour but :

- de fournir un aperçu des méthodologies actuellement utilisées au Luxembourg ;
- de définir les exigences minimales concernant l'identification, la description et l'analyse des incidences des projets d'infrastructures routières et / ou ferroviaires sur leur environnement ;
- de permettre l'harmonisation et la garantie de qualité desdites études d'incidences.

En outre, le guide est intentionnellement rédigé de façon flexible, permettant toute évolution future en fonction des expériences et de l'évolution des normes, ceci à la discrétion de l'Administration de l'environnement.

0.2 Cadre légal et réglementation

0.2.1 Etudes d'Incidences sur l'Environnement

Ce guide s'insère dans le cadre de la législation relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement

des transports terrestres, à savoir les infrastructures routières et les chemins de fer (trains et trams).

À l'heure de la rédaction du présent guide (version 1.0), la législation applicable telle que définie au Code de l'Environnement, est la suivante :

- Loi du 15 mai 2018 relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement.

¹ Ceci implique : l'analyse des différentes variantes du projet, y compris : la situation référentielle (situation à terme du projet s'il n'est pas réalisé), la comparaison des incidences des différentes situations futures et variantes, la vérification de leur compatibilité avec l'environnement, et la définition des mesures correctives nécessaires en fonction du stade de la procédure.

0.2.2 Etudes d'Incidences sur l'Environnement : partie bruit

Les documents cités sous 0.2.1 ne précisent pas comment procéder à l'évaluation spécifique des incidences du bruit sur l'environnement.

0.2.3 Europe

Au niveau européen, seule la directive 2002/49/CE² relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement harmonise plusieurs notions et indicateurs de gêne³. Toutefois, cette directive laisse la possibilité aux états membres d'utiliser d'autres indicateurs, et ne fixe aucun critère quant à l'évaluation de la gêne.

0.2.4 Luxembourg

Au Luxembourg, il n'existe actuellement aucun texte réglementaire visant l'impact sonore admissible des infrastructures routières et ferroviaires concernant les niveaux de bruit à respecter. A défaut d'une réglementation nationale, les études d'incidences réalisées au Luxembourg s'orientent sur la réglementation allemande « 16. BIm Sch V.⁴ » : celle-ci définit non seulement des valeurs limites à ne pas dépasser dans les *alentours immédiats*, mais aussi les méthodes à utiliser pour caractériser les niveaux acoustiques.

Les indicateurs à utiliser dans les EIE sont établis sur base des L_{Tag} et L_{nacht} ⁵, le Tableau 1 ci-après résume les seuils à appliquer à ces indicateurs :

Tableau 1 : Seuils recommandés suivant la zone

	dB(A)		
	Tag	Nacht	
1. an Krankenhäusern, Schulen, Kurheimen und Altenheimen	57	47	1. Hôpitaux, Ecoles, Maisons de cures et Séniories
2. in reinen und allgemeinen Wohngebieten & Kleinsiedlungsgebieten	59	49	2. zones résidentielles pures et générales, petites agglomérations
3. in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	64	54	3. Zones centre ville, zones villageoises et mixtes
4. in Gewerbegebieten	69	59	4. Zones d'activités

À l'encontre de ce qui se pratique en Allemagne, au Luxembourg, il n'existe pas de lien direct entre les PAG (PAG : Plan d'Aménagement Général) et les zones définies au Tableau 1 : l'attribution des zones se fait en fonction de la qualité de l'environnement sonore existant (voir 1.1.2).

0.2.5 Organismes agréés au Luxembourg

La législation luxembourgeoise relative à l'EIE requiert des critères minimaux de qualité pour le rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement.

Afin de garantir le respect de ces critères, l'Administration de l'environnement propose que la réalisation des études d'incidences acoustiques soit confiée à un organisme agréé pour le domaine E2 suivant la loi du 21 avril 1993⁶.

² Souvent abrégée « END » : European Noise Directive

³ Les indicateurs définis dans l'END sont : L_{day} (07H-19H), L_{evening} (19H-23H) et L_{night} (23H-07H)

⁴ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BIm Sch V.)

⁵ Les indicateurs L_{Tag} [en fait le L_{Aeq} (06H-22H)] et L_{Nacht} [en fait le L_{Aeq} (22H-06H)] sont différents des indicateurs définis dans l'END

⁶ Loi du 21 avril 1993 relative à l'agrément de personnes physiques ou morales privées ou publiques autres que l'Etat pour l'accomplissement de tâches techniques d'études et de vérification dans le domaine de l'environnement

1. CONTENU DE L'ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE

Toute étude d'incidences acoustiques d'un projet d'infrastructure de transports doit respecter la structure suivante :

1. **Introduction**, précisant l'objet de l'étude, sa structure et la méthodologie générale utilisée, ainsi que la description de l'environnement existant et de l'insertion du projet au sein de cet environnement existant.
2. **Caractérisation de l'environnement existant**, par campagne de mesure ou toute autre information utile.
3. **Caractérisation des différents états** permettant de mettre en évidence les incidences du projet

(cette caractérisation se fait par modélisation / calcul de la propagation du bruit émis par le projet vers son environnement proche), et **Détermination des incidences du projet et des éventuelles mesures d'amélioration** en cas d'incidences notables.
4. **Synthèses et conclusions.**

Les chapitres suivants décrivent les principes généraux à appliquer pour chacune de ces étapes successives, ces chapitres font référence à des annexes détaillant les procédures à appliquer.

1.1 Introduction

1.1.1 Objet de l'étude

Il s'agit d'étudier la compatibilité du projet avec son environnement humain, l'impact acoustique en étant un élément important.

Il est essentiel de bien décrire, dès le début, l'objet de l'étude d'incidences: il peut s'agir de l'étude d'une infrastructure existante, de la modification d'une infrastructure existante, ou de l'implantation d'une nouvelle infrastructure.

En fonction du projet et de ses possibles incidences, la zone d'étude est à définir clairement et à présenter sur base de vue(s) en plan et de photos aériennes⁷ (le cas échéant : avec plusieurs niveaux d'échelle de sorte à bien détailler) de la situation actuelle, puis, au moyen des mêmes supports et aux mêmes niveaux d'échelle, de présenter l'insertion du projet dans son ensemble.

Ainsi, dès ce chapitre, le lecteur a la possibilité de bien contextualiser de façon globale l'objet de l'étude au sein de son environnement.

Enfin, le chapitre doit également définir la structure du rapport présenté.

1.1.2 Description de l'environnement sonore existant

Ce chapitre décrit l'environnement sonore existant sur la zone d'étude: il reprend l'ampleur (dimensions) de la zone d'étude, la liste la plus exhaustive possible des sources de bruit existantes et pertinentes pour l'analyse des incidences du projet (routes, chemins de fer, éventuelles industries et / ou toute autre source de bruit). Le cas échéant, tout dispositif antibruit existant est localisé et décrit.

Il faut également présenter, si possible aux mêmes échelles, les PAG d'application sur la zone d'étude afin de bien comprendre les affectations officielles des différentes zones concernées. Par analogie avec l'approche du *règlement grand-ducal du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats⁸ des établissements et des chantiers*, l'affectation des bâtiments à une zone particulière d'habitat (voir Tableau 1) doit être faite en fonction d'une évaluation combinant les PAG et la qualité de l'environnement sonore existant.

1.1.3 Description du projet

Pour le projet et toute variante connue au départ de l'étude, il est important de localiser les zones qui pourraient être impactées par le projet: en effet, ce sera sur ces zones que l'impact doit être caractérisé.

Une première analyse qualitative de l'implantation du projet (et de ses éventuelles variantes) est présentée et justifie la méthodologie utilisée pour l'ensemble de l'étude.

1.1.4 Méthodologie retenue

Sur base des points 1.1.1 à 1.1.3 ci-dessus, la méthodologie globale de l'étude est la suivante :

- La caractérisation de l'environnement existant par campagne de mesures de bruit ou tout autre moyen dûment justifié;

⁷ Données officielles du site <https://www.geoportail.lu>

⁸ « Alentours immédiats »: la limite de la propriété la plus proche, dans laquelle séjournent à quelque titre que ce soit des personnes soit de façon continue, soit à des intervalles réguliers ou rapprochés (définition du *règlement grand-ducal du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers*)

- La caractérisation des différentes situations étudiées réalisée sur base d'une modélisation 3D de la propagation sonore dans le site ;
- La détermination des incidences par comparaison entre différentes situations et confrontation aux recommandations ;
- Le cas échéant, la suggestion de moyens d'amélioration.

1.2 Environnement sonore existant

Il est important de bien déterminer l'environnement sonore existant, car la modification du paysage sonore induite par le projet se rapporte toujours en premier lieu à l'état initial de l'environnement.

Cette détermination peut être effectuée : soit par campagne de mesure, soit par référence dûment justifiée, à toute autre information existante (nombre de points de mesure, période de mesures, conditions de mesure / recours à d'autres données pertinentes et à jour).

1.2.1 Etat des lieux acoustique

La mesure de bruit est un des moyens les plus utiles à la caractérisation d'une situation existante. En outre, une campagne de mesures de bruit est également importante dans la mesure où elle permet de disposer d'un état des lieux objectif qui pourra servir de référence tout au long de l'évolution du projet. Cependant, pour garantir qu'une campagne de mesures de bruit soit réellement objective, celle-ci doit être réalisée suivant une méthodologie stricte, telle que définie ci-après.

1.2.1.1 Description des points de mesure

La campagne de mesure doit être faite en un nombre suffisant de points, représentatifs de la situation actuelle, et localisés aux endroits qui sont impactés (positivement ou négativement) par le projet (et ses éventuelles variantes) : la justification doit se baser sur les points 1.1.2 et 1.1.3 ci-dessus.

La localisation des points de mesure sera présentée dans le texte de façon globale sur les mêmes vues en plans et photos aériennes utilisées pour décrire les situations actuelle et projetée, alors que des fiches descriptives présentées en annexe détailleront les conditions à chaque point de mesure.

Les exigences pour la réalisation de mesures de bruit sont présentées en annexe 2.1.

1.2.1.2 Résultats des mesures

Les résultats des mesures sont présentés de façon résumée dans le texte, sous forme tabulaire des valeurs L_{Tag} , L_{Nacht} , ainsi que des valeurs L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} , L_{den} (ces dernières à titre documentaire dans le cadre de la cartographie stratégique), et les valeurs L_{A90} , L_{A10} relatives aux mêmes périodes : (06H-22H), (22H-06H), (07H-19H), (19H-23H) et (23H-07H), pour la Semaine, le Week-End, et l'ensemble [Semaine + Week-End].

Les résultats détaillés sont à présenter en annexe :

- sous forme graphique des valeurs $L_{Aeq(1h)}$, $L_{A90(1h)}$, $L_{A10(1h)}$ sur la période complète de mesures, et $L_{Aeq,1min}$ jour par jour, et
- sous forme tabulaire des valeurs L_{Aeq} , L_{A90} , L_{A10} par tranches horaires, pour les périodes (06H-22H) et (22H-06H), ainsi que (07H-19H), (19H-23H) et (23H-07H).

1.2.1.3 Analyse des mesures

Une analyse circonstanciée des mesures est apportée point par point.

1.2.1.4 Conclusion

Une conclusion générale est à présenter sur l'ensemble de la campagne de mesure.

De plus, les mesures, combinées à l'analyse des PAG, doivent permettre de justifier les affectations des bâtiments aux zones reprises au Tableau 1.

1.3 Etude des différentes situations

L'étude considère au minimum les situations suivantes :

- La situation existante ;
- La situation référentielle (situation à terme du projet s'il n'est pas réalisé) ;
- La situation projetée, y compris les variantes éventuelles ;
- Le cas échéant : une (ou plusieurs) situation(s) améliorée(s).

La caractérisation des différentes situations étudiées est réalisée sur base d'une modélisation 3D de la propagation sonore dans le site.

Les incidences se déterminent ensuite par comparaison entre différentes situations et par confrontation aux recommandations : le cas échéant, des moyens d'amélioration sont suggérés.

Les résultats des calculs suivant les indicateurs pertinents (voir 0.2.4), permettent de déterminer les incidences suivantes :

- L'évolution du niveau de bruit induit par le projet par rapport à la situation existante
- L'évolution du niveau de bruit induit par le projet par rapport à la situation référentielle
- La confrontation des niveaux de bruit de chaque situation avec les critères
- En cas de variantes, toute comparaison utile de ces variantes.

Le cas échéant, des propositions d'amélioration sont faites et justifiées.

1.3.1 Données

La construction du modèle nécessite l'assemblage de données dont la qualité est primordiale : le détail et la qualité des données exigées sont précisés en annexe 2.2. Le rapport de l'étude précise de façon explicite toutes les hypothèses considérées pour la construction du modèle de propagation : par exemple, pour les trafics considérés pour chaque situation, une justification détaillée est présentée, le tout à un horizon suffisamment long pour permettre une analyse pertinente et pérenne des incidences du projet. Cet horizon est à indiquer.

1.3.2 Calculs de propagation

Les calculs sont établis à l'aide d'un logiciel de propagation du bruit des infrastructures concernées vers leur environnement, et ceci sur base d'un modèle informatique 3D construit sur base des données visées en 1.3.1. Les impositions quant aux outils et paramètres de calcul sont précisées en annexe 2.3. Dans tous les cas, le rapport de l'étude explicite toutes les hypothèses considérées pour les calculs.

1.3.2.1 Calculs en des points d'immission discrets

Le calcul des niveaux de bruit L_{Tag} , L_{Nacht} ⁹ est réalisé aux points de mesure et en un nombre d'autres points choisis pour représenter de façon homogène et suffisante au moins le premier front bâti exposé au bruit de l'infrastructure étudiée. La localisation de ces points est réalisée suivant les impositions reprises en annexe 2.3.

1.3.2.2 Calculs de cartes de bruit

Au vu des simplifications et méthodologies appliquées pour le calcul des cartes de bruit, l'usage de ces cartes est réservé à la visualisation aisée de la propagation sonore dans l'environnement étudié : ces cartes sont présentées pour les périodes mentionnées sous 1.3.2.1.

1.3.3 Résultats

Les résultats sont présentés sous forme tabulaire des niveaux de bruit calculés pour chaque point d'immission avec indication des zones respectives du Tableau 1 et des critères correspondants suivant les dispositions reprises en annexe 2.3.

Comme indiqué en 1.3.2.2, des cartes de bruit, cartes de différences de niveau et toute autre carte utile à la bonne compréhension globale de la propagation du bruit dans l'environnement sont jointes en annexe.

1.3.4 Analyse

Les incidences de chaque situation étudiée sont déterminées par comparaison entre les niveaux de bruit

L_{Tag} (06H-22H) et L_{Nacht} (22H-06H)¹⁰ calculés et les seuils recommandés au Tableau 1.

Il convient de « contextualiser » les niveaux de bruit induits par le projet et d'examiner si celui-ci va contribuer à une modification significative des niveaux existants.

A cet effet, pour chaque nouvelle situation, de nouveaux indicateurs, dits « indicateurs relatifs » sont définis ; ils reprennent :

- les différences entre les niveaux L_{Tag} (06H-22H) calculés et les niveaux L_{Tag} (06H-22H) existants, ce qui permet de mettre en évidence les évolutions du niveau de bruit L_{Tag} (06H-22H) existant, que ce soient des évolutions positives (réductions du bruit existant) ou négatives (augmentations du bruit existant) ;
- et, de la même façon, les différences entre les niveaux L_{Nacht} (22H-06H) calculés et les niveaux L_{Nacht} (22H-06H) existants.

⁹ L'Administration de l'environnement se réserve la possibilité de demander également le calcul des niveaux L_{den} , L_{day} , L_{evening} et L_{night}

¹⁰ Ces indicateurs peuvent être considérés comme des indicateurs (de niveaux de bruit) « absolus »

Une interprétation des résultats est à apporter pour chaque situation étudiée, et les incidences (positives comme négatives) sont à mettre en évidence, toute variation du niveau de bruit limitée à 2 dB(A) pouvant être considérée comme quasi-imperceptible^{11,12}.

1.4 Conclusions

Le présent chapitre reprend l'objet de l'étude et la méthodologie globale utilisée.

Les grandes tendances qui peuvent être dégagées de l'étude sont rappelées ici, notamment les incidences effectives et des propositions d'amélioration dans le cas où ces incidences seraient trop importantes.

Le bureau d'étude conclut en proposant les mesures que le projet devra appliquer afin de permettre son insertion dans son environnement sonore. Lorsque les seuils applicables ne peuvent pas être atteints par des mesures actives, une étude coût-efficacité est à réaliser, et une concertation avec l'Administration de l'environnement s'impose.

¹¹ Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

"Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control", chapitre 1. FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS, 1.4. PSYCHO-ACOUSTICS, 1.4.2. Loudness, page 41/334, Table 1.4 Subjective effect of changes in sound pressure level: "a change of 3 dB in sound level is just perceptible to the normal ear", ou encore : "une variation de 3 dB est à peine perceptible pour l'oreille humaine", ce qui amène à considérer, avec une certaine sécurité, qu' une variation de 2 dB est quasi-imperceptible pour l'oreille humaine

¹² Pour information, la 16. BIm Sch V. indique elle-même n'être d'application que pour des modifications importantes du niveau de bruit (existant autour) de l'infrastructure, étant précisé que ces modifications induisent une augmentation de minimum 3 dB(A) : la valeur proposée ici de 2 dB(A) comme variation acceptable est communément utilisée en France, en Belgique et aux Pays-Bas

2. ANNEXES

2.1 Exigences pour la réalisation de mesures de bruit

2.1.1 Appareillage de mesure

L'appareillage de mesure doit être conforme aux spécifications de la classe 1 de la norme EN 61672-1. Un calibre unique doit être utilisé à des fins de calibration avant / après chaque mesure : si la différence de correction de calibration est supérieure à 0.5 dB, les mesures ne sont pas valables et doivent être recommencées.

L'appareillage de mesure doit être réétalonné par un organisme agréé au moins tous les 2 ans.

2.1.2 Conditions de mesure

Les microphones doivent être munis d'un écran anti-vent et être placés:

- Soit en façade de bâtiments habités à 1.5 mH¹³ par rapport au sol du niveau concerné ;
- Soit dans les espaces ouverts à une hauteur de 4 m¹⁴ par rapport au terrain naturel.

Les niveaux de bruit $L_{Aeq, 1sec}$ sont relevés de façon continue et en temps réel 1/3 d'octave, de sorte à bien caractériser les événements sonores, et d'extraire les possibles événements perturbateurs avant toute analyse.

Les mesures doivent être réalisées de façon simultanée et synchrone en tous les points d'une même campagne de mesures sur une période de minimum 7 jours représentatifs de l'environnement sonore existant, en évitant les périodes de congés scolaires.

Chaque campagne de mesures de bruit doit être accompagnée d'au moins une station de mesure des conditions météorologiques avec relevés par période maximum de 10 minutes des :

- Températures
- Vitesses et orientation du vent
- Précipitations

Les mesures sont, de préférence, effectuées en l'absence de précipitations et avec une vitesse de vent inférieure à 5 mètres par seconde. Dans tous les cas, les conditions météorologiques sont à présenter au sein même du rapport sous forme d'un graphique unique reprenant l'évolution des 4 paramètres pendant toute la période de mesure: il doit être explicitement établi que celles-ci n'ont pas influencé significativement le résultat des mesures relevées. Au besoin, la durée de la campagne de mesures pourrait être prolongée.

2.1.3 Fiches descriptives des points de mesure

Pour chaque point de mesure, une fiche descriptive est présentée en annexe et détaille, au minimum :

- L'adresse et les coordonnées LUREF du microphone ;
- La hauteur du micro et le type de matériel utilisé (microphone, préampli, câbles, sonomètre), en ce compris les numéros de série correspondants ;
- La calibration avant et après la mesure ;

¹³ Par analogie avec le *règlement grand-ducal du 13 février 1979 concernant le niveau de bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers*

¹⁴ Suivant la norme internationale ISO 1996-2 : 2017

- Les dates et heures des début et fin de la mesure ;
- Une vue aérienne avec localisation du point de mesure ;
- Une vue photographique permettant de comprendre les conditions de mesure ;
- Remarques éventuelles (notamment : possibles bruit ou activités pouvant perturber les mesures).

2.2 Exigences pour les données à utiliser pour la modélisation

La qualité des données est capitale pour la qualité des résultats de calcul des différentes situations, ces données respectent les critères suivants :

2.2.1 Infrastructures existantes

- Au mieux, un plan 3D de l'infrastructure existante et des infrastructures connexes relevantes ; sinon, une vue en plan accompagnée des profils en long et profils en travers de l'infrastructure ; les plans étant présentés au format .DWG géoréférencé, à l'échelle 1/1000 ou meilleure, et reprenant clairement:
 - Le ou les axes de l'infrastructure routière / ferroviaire,
 - Les bandes de circulation, y compris les bandes d'arrêt d'urgence et réservations / les voies, y compris les plateformes, quais et aiguillages ;
- Les caractéristiques de revêtements routiers / type de plateforme ferroviaire et pose des voies ;
- Les données moyennes annuelles de trafic [par tranche horaire ou à tout le moins sur les périodes (06H-22H) et (22H-06H)¹⁵] :
 - Nombre et vitesses des voitures particulières / poids lourds suivant la méthode de calcul appliquée,
 - Composition des convois ferrés (types / longueurs / vitesses).

2.2.2 Infrastructures projetées

- Au mieux, un plan 3D de l'infrastructure projetée, en ce compris l'évolution de l'infrastructure existante et des infrastructures connexes relevantes ; sinon, une vue en plan accompagnée des profils en long et profils en travers de l'infrastructure ; tous les plans étant présentés au format .DWG géoréférencé LUREF, à l'échelle 1/1000 ou meilleure, et reprenant clairement:
 - Le ou les axes de l'infrastructure routière / ferroviaire,
 - Les bandes de circulation, y compris les bandes d'arrêt d'urgence et réservations / les voies, y compris les plateformes, quais et aiguillages ;
- Les caractéristiques de revêtements routiers / type de plateforme ferroviaire et pose des voies ;
- Prévisions moyennes annuelles de trafic [par tranche horaire ou à tout le moins sur les périodes (06H-22H) et (22H-06H)¹⁰] : ces prévisions détailleront les situations référentielle (évolution si le projet n'était pas réalisé) et projetée (évolution si le projet est réalisé), le tout à un terme suffisamment long pour permettre une analyse pertinente et pérenne des incidences du projet : le terme considéré est à indiquer
 - Nombre et vitesses des voitures particulières / poids lourds suivant la méthode de calcul appliquée,

¹⁵ L'Administration de l'environnement se réserve la possibilité de demander également le calcul des niveaux L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} : ceci impliquera d'obtenir les données moyennes annuelles de trafic sur les périodes correspondantes

- Composition des convois ferrés (types / longueurs / vitesses).

2.2.3 Environnement

- Localisation et caractérisation de toute construction soumise au bruit de l'infrastructure considérée et/ou influençant de quelque manière que ce soit la propagation acoustique sur l'environnement étudié : emplacement, hauteur, destination, le cas échéant.

2.2.4 Informations complémentaires

- Topographie environnante 3D avec modèle digital de terrain reprenant la hauteur des bâtiments ;
- L'emplacement et le type des autres axes bruyants à proximité et leur importance dans l'environnement sonore du site étudié ;
- La caractérisation des effets de sol, avec justification ;
- Les mesures antibruit déjà existantes sur le site.

2.3 Exigences pour l'établissement des calculs

Les calculs sont établis à l'aide d'un logiciel de propagation du bruit des infrastructures concernées vers leur environnement, et ceci sur base d'un modèle informatique 3D construit sur base des données visées en 2.1.

Pour l'évaluation des incidences, la réglementation allemande 16. BIm Sch V. étant d'application, les normes applicables pour les calculs sont : pour les routes, la RLS-19, et pour les chemins de fer, la SCHALL-03¹⁶.

La qualité des logiciels est assurée par le respect de ceux-ci à la norme DIN 45687 (Acoustique - Logiciels pour programmes utilisés calcul du son lors de sa propagation à l'air libre - Critères qualitatifs et méthodes de contrôle).

2.3.1 Paramètres à considérer

- Routes :
 - Emplacement de la chaussée (à tout le moins : chaque sens de circulation modélisé séparément) et des voies d'accès et de sortie, le cas échéant ;
 - Le revêtement routier
- Chemins de fer :
 - Emplacement de toutes les voies de chemins de fer effectivement circulées ;
 - Le type de pose des voies
- Les trafics respectifs suivant les périodes (06H-22H) et (22H-06H)¹⁷ ;

¹⁶ L'Administration de l'environnement se réserve la possibilité de demander également le calcul des niveaux L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} : ceci implique l'application des méthodes XPS 31-133 pour les routes, et RMR-96 pour les chemins de fer.

¹⁷ L'Administration de l'environnement se réserve la possibilité de demander également le calcul des niveaux L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} : ceci implique d'obtenir les données moyennes annuelles de trafic sur les périodes correspondantes.

- Les vitesses / profils de vitesses relatif à chaque type / catégorie de véhicules / convois concernés ;
- Emplacement et hauteur des bâtiments / maisons influençant la propagation du bruit ;
- L'effet de sol ;
- L'absorption par l'air ;
- Le relief de l'environnement ;
- Les ouvrages d'art et leur influence sur la propagation du bruit (ponts, tunnels, murs de soutènement, etc.) ;
- L'effet de protection apporté par tout objet / obstacle acoustiquement pertinent ;
- Les réflexions acoustiques :
 - Calculs d'immission en des points discrets : ordre de réflexion minimum 3
 - Calculs de cartes de bruit : ordre de réflexion minimum 2
- (Si la méthode de calcul s'y réfère: météo moyenne annuelle).

Avant de procéder au calcul en des points d'immission discrets et au calcul des cartes de bruit, un modèle est établi sur la base des données fournies.

Dans tous les cas, ce sont les calculs en des points d'immission discrets qui doivent être utilisés pour déterminer les incidences effectives d'une infrastructure ainsi que pour proposer, le cas échéant, des moyens d'amélioration : l'usage des cartes de bruit (voir plus loin) est réservé à des fins de visualisation et non de détermination du respect des critères.

2.3.2 Calcul en des points d'immission discrets

Pour tout point en façade de bâtiments habités : les points d'immission sont placés à 1.5 mH par rapport au sol du niveau concerné ; en l'absence de données pertinentes, la hauteur des étages peut être considérée à 3 m de niveau à niveau.

Pour tout autre point : la hauteur sera de 4 m par rapport au terrain naturel à cet endroit.

2.3.3 Etablissement des cartes de bruit

L'usage des cartes de (niveau de) bruit est réservé à la visualisation aisée de la propagation sonore dans l'environnement étudié le maillage retenu pour la grille de calcul est précisé et dûment justifié.

Les cartes de bruit sont établies à une hauteur de 4 m par rapport au terrain naturel pour toutes les situations étudiées ; des cartes supplémentaires établies à une hauteur de 1.5 m par rapport au terrain naturel peuvent être également fournies pour documenter les niveaux de bruit dans les espaces ouverts (jardins / parcs / rues) autour des bâtiments.

Des cartes de différences seront également établies entre les différentes situations.

Dans le cadre de la norme allemande 16. BIm Sch V., les cartes reprennent le tracé des :

- Lignes d'isoniveaux de bruit L_{Tag} pour les niveaux >75, 70, 65, 60 et 55 dB (A)
- Lignes d'isoniveaux de bruit L_{Nacht} pour les niveaux >65, 60, 55, 50 et 45 dB (A)

Les codes couleurs sont précisés :

- pour les niveaux de bruit¹⁸ au Tableau 2 ci-après, et
- pour les différences de niveaux de bruit¹⁹ au Tableau 3 ci-après :

Tableau 2 : Codes couleur pour la présentation des niveaux de bruit

		R - G - B
	< 35	195 - 255 - 134
	35 - 40	000 - 238 - 000
	40 - 45	000 - 181 - 091
	45 - 50	255 - 255 - 000
	50 - 55	255 - 176 - 096
	55 - 60	255 - 128 - 002
	60 - 65	255 - 115 - 115
	65 - 70	255 - 000 - 000
	70 - 75	219 - 000 - 110
	75 - 80	077 - 166 - 255
	> 80 dB(A)	000 - 091 - 181

Tableau 3 : Codes couleur pour la présentation des différences de niveaux de bruit

		R - G - B
	> 7	106 - 000 - 000
	7 - 6	144 - 000 - 000
	6 - 5	181 - 000 - 000
	5 - 4	219 - 000 - 000
	4 - 3	255 - 002 - 002
	3 - 2	255 - 040 - 040
	2 - 1	255 - 077 - 077
	1 - 0	255 - 255 - 255
	0 - -1	255 - 255 - 255
	-1 - -2	166 - 255 - 077
	-2 - -3	147 - 255 - 040
	-3 - -4	128 - 255 - 002
	-4 - -5	110 - 219 - 000
	-5 - -6	091 - 181 - 000
	-6 - -7	072 - 144 - 000
	< 7 dB(A)	053 - 106 - 000

Les cartes de bruit doivent être présentées suivant une vue d'ensemble à une échelle fixe de maximum 1/10.000^{ème}, vue d'ensemble qui localise les cartes « zooms » permettant de détailler à l'échelle 1/5.000 ou mieux.

Sur ces cartes, l'ensemble des infrastructures, bâtiments et relief de l'environnement doivent clairement apparaître ; le cas échéant, les moyens de protection existants et/ou proposés doivent être clairement localisés et décrits.

2.3.4 Prescriptions complémentaires

Si plusieurs variantes de tracé du projet sont à étudier, le mieux est de les présenter, si possible sur un même support avec des couleurs différentes, sinon à l'aide d'une succession de vues, toujours sur les mêmes vues et aux mêmes échelles.

Le corps du rapport reprend des photos et vues en plan à des échelles compatibles avec une compréhension globale du projet, alors que d'éventuelles campagnes photographiques et des vues en plans à échelles fixes sont présentées en annexe.

¹⁸ Selon norme ISO 1996-2 :1987 Tableau 1 : Zones acoustiques, présentation des résultats

¹⁹ Les augmentations du niveau de bruit dépassant 1 dB(A) sont reprises en différentes teintes de rouge, les réductions du niveau de bruit dépassant 1 dB(A) sont reprises en différentes teintes de vert, les modifications comprises entre -1 et +1 dB(A) sont reprises en blanc

2.4 Remise des données

Le rapport d'étude, en ce compris toutes ses annexes doit être rendu au format .PDF : le format du rapport est le format A4, alors que toute annexe cartographique est rendue au format A3.

Les résultats tabulaires sont à remettre au format .XLSX .

Toute information géoréférencée est à rendre au format .SHP :

- La maquette 3D ;
- La localisation des dispositifs d'amélioration ;
- Les résultats de niveaux de bruit aux points d'immission ;
- Les résultats cartographiques.