

INDICATEUR :

L_{den} LIÉ AU TRAFIC FERROVIAIRE

THEME : BRUIT

1

INTERET ET ELEMENTS D'INTERPRETATION DE L'INDICATEUR

Question posée par l'indicateur :

Quelle est la répartition spatiale des niveaux sonores globaux (L_{den}) liés au trafic ferroviaire ?

Contextualisation de l'indicateur :

- Problématique environnementale sous-tendue par l'indicateur : gestion de la gêne acoustique liée au trafic ferroviaire et identification des zones problématiques.
- Choix de l'indicateur : Le choix de l'indicateur est intimement lié à une harmonisation réalisée à l'échelle de l'Union Européenne, afin de faciliter les échanges et les comparaisons.
- Contexte bruxellois : Cette problématique est abordée dans le cadre de la planification en RBC, cf. en particulier le plan QUIET.BRUSSELS (troisième plan bruit élaboré, adopté en 2019). L'indicateur L_{den} lié au trafic ferroviaire a été calculé pour la 1^{ère} fois en 1993, puis pour les années de référence 2006, 2016 et dernièrement 2021.

Mais la plus grande prudence s'impose dans la comparaison entre ces résultats compte tenu des différences importantes au niveau des méthodologies et outils employés :

méthode de modélisation (CNOSSOS en 2021, SRMII en 2016 et avant), logiciel de modélisation (CadnaA en 2021 et 2006 vs IMMI en 2016), classification acoustique du matériel roulant (issue de la classification de CNOSSOS en 2021, de la classification belge en 2016 et de celle des Pays-Bas en 2006), prise en compte de vitesses « réelles » moyennes des trains en 2021 au lieu de vitesses maximales autorisées auparavant...

Objectifs quantitatifs à atteindre et, le cas échéant, statut :

- Organisation Mondiale de la Santé : Les valeurs guides (correspondant à un objectif de qualité de l'environnement sonore vers lequel la Région doit tendre pour obtenir une situation acoustique satisfaisante), non contraignantes, ont été révisées en 2018. Pour le bruit ferroviaire, elles sont définies pour l'extérieur des bâtiments, en façade :
 - sur 24h, un L_{den} de 54 dB(A) correspond au seuil à partir duquel des effets néfastes sur la santé sont attendus.
 - la nuit, un L_n au-delà de 44 dB(A) est susceptible de perturber le sommeil.
- Au niveau de la RBC :
 - Application des valeurs seuils spécifiques au bruit ferroviaire, définies à l'extérieur des bâtiments au droit des façades et reprises dans la convention relative aux bruit et vibrations du chemin de fer entre Infrabel et la Région de Bruxelles-Capitale signée le 30 juin 2023. Ces valeurs seuils ont un caractère contraignant :
 - Seuils d'intervention urgente : L_{den} de 76 dB(A) et L_n de 68 dB(A)
 - Seuils limites à ne pas dépasser : L_{den} de 73 dB(A) et L_n de 65 dB(A).
- Au niveau européen :
La directive européenne 2002/49/EC relative à l'évaluation du bruit dans l'environnement détermine des seuils de rapportage : 55 dB(A) pour le L_{den} et 50 dB(A) pour le L_n. Mais ces seuils ne sont pas des objectifs quantitatifs à atteindre.

Autres commentaires :

- L'évaluation des nuisances acoustiques liées au trafic ferroviaire correspond à une modélisation qui respecte les prescriptions de la directive européenne 2002/49/EC relative à l'évaluation du bruit dans l'environnement.
- La mise en œuvre de cette directive repose en effet sur la détermination cartographique de l'exposition au bruit établie selon des méthodes communes et, prioritairement, pour les grandes agglomérations, les grands axes routiers et ferroviaires ainsi que les grands aéroports. Les



cartes de bruit stratégiques doivent se baser sur l'utilisation d'indicateurs de bruit harmonisés : L_{den} (day-evening-night equivalent level), pour évaluer la gêne ressentie, et L_n (night equivalent level), pour évaluer les perturbations sur le sommeil. A cette fin, des recommandations sont faites quant aux méthodes de modélisation (Annexe II de la Directive 2002/49/CE, révisée par la Directive 2015/996).

2 FONDEMENTS METHODOLOGIQUES

Définition :

L'indicateur L_{den} (day - evening - night, soit jour - soir - nuit) correspond au niveau de bruit pondéré sur une période de 24h, évalué à partir des niveaux de bruit équivalents L_d (day, 7h-19h), L_e (evening, 19h-23h) et L_n (night, 23h-7h) calculés indépendamment. Les niveaux de soirée (L_e) et de nuit (L_n) sont majorés respectivement de 5 et 10 dB(A) car ressentis comme plus gênants par les personnes exposées, comme défini dans la formule suivante :

$$L_{den} = 10 \text{ Log } \frac{1}{24} \left[12 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_e + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n + 10}{10}} \right]$$

L'indicateur est calculé sur une année civile pour la période de référence « année globale ».

Unité :

dB(A)

Mode de calcul et données utilisées :

- La « modélisation acoustique » correspond à un ensemble de calculs informatiques produisant, au départ de données numériques, une estimation des niveaux de bruit perçus en tout point du modèle (mesuré à l'immission, c'est-à-dire à la réception). Les résultats obtenus sont représentés de façon cartographique (« cadastre ou carte stratégique du bruit ferroviaire »).
- **Modélisation réalisée à l'aide du logiciel CadnaA XL (version 2022), selon la méthode CNOSSOS (version 2020), recommandée par la directive 2002/49/EC pour tous les Etats membres.**
- Cette modélisation a été effectuée sur base d'un **maillage de 10 m sur 10 m**, à une hauteur de 4 m au-dessus du sol et une distance de 2 m des façades. A cette fin, le niveau de bruit au centre de chaque maille a été calculé et attribué à l'ensemble de la maille.
- La zone modélisée correspond à la Région bruxelloise, élargie de 1 à 3 km pour tenir compte de l'impact acoustique de sources sonores situées en dehors de la limite régionale.
- Mis à part les tronçons sous tunnel (15 km), la totalité du réseau ferroviaire bruxellois (162 km de voies ferrées et 12 lignes) a été modélisée.
- Un échantillonnage de mesures acoustiques in situ a permis de caler et/ou de valider le modèle.
- La cartographie a été réalisée sur QGIS (3.10). Les valeurs de l'indicateur sont représentées **selon des pas de 5 dB(A)** (conformément à la directive), les classes extrêmes correspondant à des niveaux sonores inférieurs à 45 dB(A) pour la limite basse et supérieurs à 75 dB(A) pour la limite haute. L'échelle de couleur utilisée a été adoptée par Bruxelles Environnement.
- Une source d'imprécisions, de type systématique, existe dans ce type de modélisation, imprécisions qui seraient dues à la banque de données d'émissions acoustiques liées aux trains ainsi qu'au calcul de propagation acoustique. Globalement, elles pourraient atteindre ± 3 dB(A).

Source des données utilisées :

- Géométrie des bâtiments (implantation et hauteur) : base de données UrbIS (2021) produite par Paradigm (Centre d'informatique pour la Région bruxelloise). Afin d'alléger le modèle et diminuer les temps de calcul, les bâtiments isolés de petite taille ont été exclus du modèle (hauteur inférieure ou égale à 4 mètres, surface inférieure à 15 m²).
- Topographie (2021) : courbes de niveaux espacées de 2m de la Région bruxelloise & MNT (Modèle Numérique de Terrain) et MNS (Modèle Numérique de Surface) de la Région flamande
- Localisation des espaces verts et des zones d'eau (2021) : Bruxelles Environnement
- Localisation et géométrie des tunnels, ouvrages d'arts et ponts : UrbIS, Bruxelles Environnement & Infrabel (2021), OpenStreetMap (2022). Un post-traitement a été effectué sur



base du MNT et MNS pour attribuer une hauteur aux ouvrages d'art repris comme ponts ou comme passages supérieurs.

- Localisation et géométrie des murs anti-bruit ou barrières acoustiques existantes (2021) : Infrabel, SNCB et Bruxelles Environnement. Ces écrans anti-bruit sont divisés acoustiquement en 3 classes dans le modèle.
- Inventaire des tronçons de lignes ferroviaires et de leur vitesse maximale autorisée (2021) : Infrabel
- Inventaire des points opérationnels du réseau ferroviaire (2021) : Infrabel
- Caractéristiques des voies ferrées en 2021 (description géométrique – dont certaines en 3D - et revêtement des voies) : Infrabel. A noter que la description géométrique des voies a fait l'objet de nombreuses corrections.
- Inventaire et typologie de la pose des voies (semelles sous rail et traverses) (2021) : Infrabel. Ces données ont été classées selon les catégories CNOSSOS propres aux semelles d'une part et aux traverses d'autre part.
- La typologie des trains par composition et par tronçon a été répertoriée selon la classification acoustique de la méthode CNOSSOS (2021) : Infrabel. Pour les trains de voyageurs, la correspondance des compositions entre CNOSSOS et CadnaA était parfaite. Pour les trains de marchandises, elle l'a été pour 87% des trains ; pour les 13% restants, des valeurs par défaut ont été assignées.
- Données de trafic représentatives de l'année 2021 pour le transport de passagers et de marchandises (flux et **vitesse moyenne réelle des trains**, par type de train et par tronçon) : SNCB et Infrabel.
- Mesures acoustiques en continu de 6 stations fixes du réseau de mesure de bruit en RBC (dont 3 stations sont directement influencées par le bruit ferroviaire en 2021) : Bruxelles Environnement
- Mesures acoustiques, relevés météo ponctuels réalisés sur le terrain au niveau de 8 sites tests en 2022 : Tractebel
- Coefficient d'absorption du sol : coefficient compris entre 0 pour les sols parfaitement réfléchissants (surfaces d'eau, sols nus et routes) et 1 pour les sols parfaitement absorbants (espaces verts de plus de 5 ha). Un coefficient de 1 a également été attribué au réseau ferroviaire, par cohérence avec les Régions flamande et wallonne, bien que le modèle CNOSSOS recommande 0,3. Un coefficient par défaut de 0 a été considéré pour tous les autres sols.
- Coefficient d'absorption de la façade : coefficient forfaitaire de type mur lisse
- Statistiques météorologiques de 2011 à 2021, utilisées pour les conditions de propagation du bruit dans le modèle : IRM (Institut Royal Météorologique)

Périodicité conseillée de mise à jour de l'indicateur :

Une périodicité de mise à jour de 5 ans est prévue, le cas échéant, par la directive européenne 2002/49/EC.

3 COMMENTAIRES RELATIFS A LA METHODOLOGIE OU A L'INTERPRETATION DE L'INDICATEUR

Limitation / précaution d'utilisation de l'indicateur :

- L'indicateur L_{den} correspond à un indicateur « global » annuel, qui exprime une notion d'exposition « moyenne » et pondérée sur 24h. Il rend particulièrement compte d'une gêne compte tenu de sa pondération selon la période horaire de la « journée ». En revanche, le bruit lié à chaque passage de train est plus élevé que celui calculé selon cet indicateur.
- La modélisation réalisée constitue un référentiel pour les autorités, dont l'échelle et le niveau de précision ne permettent qu'une lecture globale (régionale), représentative d'une situation annuelle (2021 dans ce cas-ci).
- La comparaison dans le temps et dans l'espace implique une vérification préalable de la cohérence des méthodes utilisées et des hypothèses de travail.
- **En particulier, la méthodologie CNOSSOS diffère des précédentes méthodes à deux niveaux :**
 - **D'une part, pour identifier et caractériser les sources sonores** : les hauteurs d'émission varient selon la source physique du bruit (roulement, traction, aérodynamique, impact, crissement...) ; la classification des véhicules est très détaillée (elle tient notamment compte du type de frein et de la rugosité de la roue), de même que la classification des voies (qui tient compte de la rugosité du rail, du type de semelle de rail...).



- **D'autre part, par rapport aux formules et calculs de la propagation du son** : l'influence des conditions météorologiques est plus importante qu'avec d'autres méthodes.
- **Deux principales limites de la méthode CNOSSOS ont été mises en évidence** :
 - Tout d'abord, **CNOSSOS modélise mal les vitesses inférieures à 50 km/h** : pour les tronçons concernés, tels que les abords des gares, les résultats de la modélisation sont donc entachés d'erreurs.
 - Ensuite, **CNOSSOS n'est pas représentatif de la propagation acoustique réelle en cas de vent fort, allant du récepteur vers la source sonore** : le niveau sonore à grande distance de la source est alors surestimé.
- Seul le bruit en surface a été modélisé. Les cadastres de bruit excluent le bruit souterrain et les vibrations.

Difficultés méthodologiques rencontrées :

Disponibilité et précision des données introduites dans le modèle

Indicateurs complémentaires ou alternatifs (indicateur « idéal ») :

Pour rendre effectivement compte de la gêne ressentie par un bruit caractérisé principalement par des « pics de bruit » liés à des événements (passages de trains), il est intéressant de disposer en complément d'un **indicateur « évènementiel »** reflétant la fréquence des dépassements et/ou l'amplitude de ces événements. Il en existe de 3 types : l'intensité maximale d'un pic de bruit (par exemple, L_{Amax}), le nombre de pics de bruit émergeant du bruit résiduel ou le nombre d'événements au-dessus d'un certain niveau sonore (tel que NAT70, nombre d'événements instantanés dépassant 70 dB(A)). Pour de plus amples détails, se référer aux références bibliographiques spécifiques au bruit aérien.

4 LIENS AVEC D'AUTRES INDICATEURS ET DONNEES (RAPPORTS SUR L'ETAT DE L'ENVIRONNEMENT BRUXELLOIS)

- Indicateurs L_{den} calculés pour les autres sources de bruit (routier, aérien) et pour l'ensemble des sources de bruit liés aux transports (multi-exposition)
- Exposition de la population aux différentes sources de bruit (routier, aérien, ferroviaire)

5 PRINCIPALES INSTITUTIONS IMPLIQUEES DANS LE DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS SIMILAIRES (EUROPE, BELGIQUE, AUTRE SI PERTINENT)

- Au vu de la directive européenne, nombreuses en Europe.
- En Belgique : Département Omgeving van de Vlaamse overheid (Flandre) et Service Public de Wallonie - SPW (Wallonie)

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (METHODOLOGIE, INTERPRETATION)

- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, mars 2024. Fiche documentée Bruit n°« 6. Cadastre du bruit ferroviaire en Région de Bruxelles-Capitale ». 14 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_6
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, avril 2018. Fiche documentée Bruit n°« 37. Les valeurs acoustiques et vibratoires utilisées en Région de Bruxelles-Capitale ». 14 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_37
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, juillet 2018. Fiche documentée Bruit n°« 41. Cadre légal en matière de bruit ». 10 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru%2041
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, avril 2024. Fiche documentée Bruit n°« 49. Objectifs et méthodologie des cadastres de bruit en Région de Bruxelles-Capitale ». 19 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_49
- ASM ACOUSTICS, TRACTEBEL & STRATEC, 2023. « Cadastre et cartographie stratégique 2021 du bruit des transports pour la Région de Bruxelles-Capitale ». Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement. 167 pp (+63 pp d'annexes). Diffusion restreinte
- TRACTEBEL, 2018. « Rapport sur la cartographie du bruit du trafic ferroviaire en Région de Bruxelles-Capitale – Année 2016 ». Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement. 128 pp. Diffusion restreinte
- DIRECTIVE (UE) 2015/996 DE LA COMMISSION du 19 mai 2015 établissant des méthodes communes d'évaluation du bruit conformément à la directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil. JO L 168 du 1.7.2015. 823 pp. p.1-823. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L0996>



- DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. JO L 189 du 18.07.2002. 14 pp. p.12-25. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049>
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS) – Bureau régional de l'Europe, 2018. « Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la Région européenne – Résumé d'orientation ». 8 pp. Disponible sur : <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2018-3287-43046-60243>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) – Regional Office for Europe, 2018. « Environmental Noise Guidelines for the European Region ». 181 pp. Disponible sur : <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>

7 COUVERTURE SPATIO-TEMPORELLE

Série temporelle disponible :

2006, 2016, 2021

Couverture spatiale des données :

L'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale, par maille de 10 m x 10 m

Remarque : Des cadastres à l'échelle communale pour 2021 seront également produits et transmis aux administrations concernées.

Date de dernière mise à jour de l'indicateur :

Avril 2024

Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique :

Mars 2024

