

INDICATEUR :

L_{den} LIÉ AU TRAFIC AÉRIEN

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 aérien ?

Contextualisation de l'indicateur :

- Problématique environnementale sous-tendue par l'indicateur : gestion de la gêne acoustique liée au trafic aérien 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 aérien a été calculé pour la 1^{ère} fois pour l'année 2004 (à l'occasion du 1^{er} plan Bruit), puis pour 2006 (à l'occasion de la parution de « l'atlas bruit » des transports terrestres) et **chaque année depuis 2009** (sauf en 2022).

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. Au niveau méthodologique par exemple, seules des routes théoriques sont considérées dans le modèle de 2004 tandis que des corrections (visant à se rapprocher des routes réelles) sont apportées à certaines d'entre elles dès 2006. En outre, plusieurs logiciels de modélisation sont à l'origine des différentes versions du cadastre (IMMI en 2004 et 2006, CadnaA ensuite). Il en est de même pour les méthodes de modélisation (ECAC 2^{ème} édition jusqu'en 2021, CNOSSOS à partir de 2023).

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 on doit tendre pour obtenir une situation acoustique satisfaisante), non contraignantes, ont été révisées en 2018. Pour le bruit du trafic aérien, elles sont définies pour l'extérieur des bâtiments :
 - sur 24h, un L_{den} de 45 dB(A) correspond au seuil à partir duquel des effets néfastes sur la santé sont attendus.
 - la nuit, un L_n de 40 dB(A) est susceptible de perturber le sommeil.

- 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.

- Au niveau de la RBC :

- Les normes définies dans l'AGRBC du 27 mai 1999 relatif au bruit des avions ne concernent pas un L_{den} mais des niveaux d'énergie équivalents (L_{Aeq}, pour les périodes 7h à 23h et 23h à 7h) et un indicateur évènementiel (SEL Sound Exposure Level). Elles sont établies pour trois zones concentriques délimitées par des arcs de cercle de 10 km et 12 km centrés sur une balise située dans l'axe de la piste 25L / 07R au nord-est de l'aéroport. De la zone la plus éloignée à la plus proche de l'aéroport, les niveaux de bruit équivalent (L_{Aeq} par période) sont respectivement de :
 - 55, 60 et 65 dB(A) de 7h à 23h,
 - 45, 50 et 55 dB(A) de 23h à 7h.et les niveaux SEL (par passage d'avions) sont respectivement de :
 - 80, 90 et 100 dB(A) de 7h à 23h,
 - 70, 80 et 90 dB(A) de 23h à 7h.

Autres commentaires :

- L'évaluation des nuisances acoustiques liées au transport aérien 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). **ECAC 2^{ème} édition est l'ancienne méthode recommandée par la directive ; CNOSSOS, la nouvelle, depuis 2021.** A noter que le cadastre officiel de la RBC pour l'année 2021 a été fait avec la méthode ECAC 2^{ème} édition (faute de données disponibles pour la méthode CNOSSOS au moment de son établissement). Mais un cadastre pour cette même année a ensuite été recalculé avec la méthode CNOSSOS, à titre de comparaison.

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. L'indicateur se calcule selon la formule suivante :

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

L'indicateur est calculé sur une année civile pour différentes périodes de référence : « année globale », « jours de semaine » et « week-end ».

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** (mesurés à l'immission, c'est-à-dire à la réception). Les résultats obtenus sont représentés de façon cartographique (« cadastre ou carte stratégique du bruit lié au trafic aérien »).
- Le modèle mathématique utilisé décrit le comportement de la source, la position de la source, la position des récepteurs, les types d'avions ainsi que leur nombre de « mouvements » respectifs (décollage ou atterrissage).
- Modélisation réalisée à l'aide du **logiciel CadnaA** (version 2023), **selon la méthode CNOSSOS**, qui est recommandée par la directive 2002/49/EC depuis 2021 inclus.
- Cette modélisation a été effectuée sur base d'un **maillage de 100 m sur 100 m**, à une hauteur de 8 m au-dessus du sol. A cette fin, le niveau de bruit au centre de chaque maille a été calculé et attribué à l'ensemble de la maille.
- Le modèle est calé et validé sur base des niveaux de bruit spécifique déterminés à partir des mesures de bruit assurées par les stations du réseau de mesure influencées par le bruit du trafic aérien.
- **La cartographie** a été réalisée avec QGIS (version 3.28). Les précédents cadastres ont été faits avec ArcView (10.0) jusqu'en 2013 puis avec QGIS (2.6, 2.14, 3.10, 3.14). 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 avions ainsi qu'au calcul de propagation acoustique. Globalement, elles pourraient atteindre $\pm 2 \text{ dB(A)}$. Mais elles peuvent être plus élevées à certains endroits et à certaines périodes.

Source des données utilisées :

- **Données sur les routes théoriques aériennes** de l'aéroport de Bruxelles-National, à Zaventem : AIP (Aeronautical Information Publication)
- **Données de trafic** représentatives de l'année N (entre le 01/01/N 7h et le 01/01/(N+1) 6h59) : données radar (identification des trajectoires réellement volées) et données sur les mouvements (horaire, type de mouvement, callsign, piste, aéroport, route aérienne) de Skeyes, données complémentaires sur les mouvements (e.a. identification du vol, type d'avion) par Brussels Airport Company ; modélisation Bruxelles Environnement
- **Mesures acoustiques en continu du réseau de stations de mesure de bruit en RBC**, dont 13 stations ont servi à la validation du cadastre 2024 : Bruxelles Environnement
- Coefficient d'absorption du sol : coefficient forfaitaire (=1)
- **Les trajectoires des avions ont été calculées** d'après les routes théoriques des procédures de vols décrites dans l'AIP (Aeronautical Information Publication). **Certaines routes** (pour lesquelles des différences importantes entre valeurs calculées et mesurées sont observées) **sont corrigées** d'après les trajets réels empruntés par les avions (obtenus grâce aux données radar de Belgocontrol, à l'aide du logiciel « KARLA – Gestionnaire des données aéroportuaires »). Ces corrections offrent notamment l'avantage de mieux prendre en compte la dispersion latérale effectivement observée par rapport à la route théorique.
- Les avions sont, conformément à la méthode CNOSSOS, classés en groupes (d'émission) en fonction de leurs caractéristiques (marque, modèle, sous-modèle, type de moteur).
- Les mouvements militaires sont pris en compte dans la modélisation.
- La modélisation tient compte de 99% des mouvements observés.

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, il ne rend pas du tout compte de l'émergence de chaque passage d'avion par rapport au bruit de fond et le bruit lié à chaque passage d'avion 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.
- La comparaison dans le temps et dans l'espace implique une vérification préalable de la cohérence des méthodes utilisées et des hypothèses de travail.
- La modélisation ne tient pas compte des réverbérations du bruit sur les façades des bâtiments.

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 occasionnée par un bruit caractérisé principalement par des « **pics de bruit** » liés à des événements sonores (passages d'avions), il est intéressant de disposer en complément d'un indicateur « événementiel » 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, ferroviaire) et pour l'ensemble des sources de bruit lié 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 : Departement Omgeving van de Vlaamse overheid (Flandre) et Service Public de Wallonie - SPW (Wallonie)

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (METHODOLOGIE, INTERPRETATION)

- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, janvier 2025. Fiche documentée Bruit n°« 37. Les valeurs acoustiques utilisées en Région de Bruxelles-Capitale ». 16 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_37
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, janvier 2025. Fiche documentée Bruit n°« 41. Cadre légal bruxellois en matière de bruit et de vibrations ». 11 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru%2041
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, novembre 2023. Fiche documentée Bruit n°« 45. Cadastre du bruit du trafic aérien – année 2021 ». 17 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_45
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, avril 2024. Fiche documentée Bruit n°« 49. Objectifs et méthodologie des cadastres de bruit en Région de Bruxelles-Capitale ». 18 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bru_49
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, 2025. « Cartographie du bruit des avions : Année 2024 ». 10 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/NOT_202504_CartoBAV2024
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, février 2024. « Cartographie du bruit des avions – Année 2021 ». 65 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_202403_CadastreBtAv2021.pdf
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, mai 2021. « Cartographie du bruit des avions – Année 2020 ». 11 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/NOT_202105_CadastreBAV2020.pdf
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, juin 2020. « Cartographie du bruit des avions – Année 2019 ». 10 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/NOT_20200616_CadastreBAV2019.pdf
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, janvier 2018. « Cartographie du bruit du trafic aérien en Région de Bruxelles-Capitale – Année 2016 ». 67 pp. Disponible sur : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_20180115_CadastreBtAv2016.pdf
- ECAC.CEAC (Conférence européenne de l'aviation civile), 1997. « Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports », Doc.29, 3^{ème} édition, Volume 1 « Applications Guide », 103 pages, et Volume 2 « Technical Guide ». 126 pp.
- 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/fr/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 :

2004, 2006, puis tous les ans à partir de 2009 (sauf en 2022)

Couverture spatiale des données :

L'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale, par maille de 100 m x 100 m

Remarque : Des cadastres à l'échelle communale pour 2016 ont également été produits et transmis aux administrations concernées. Ce ne fut pas le cas en 2021.

Date de dernière mise à jour de l'indicateur :

Novembre 2025

Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique :

Novembre 2025

