



## **AVIS DU CONSEIL SUPERIEUR DE LA SANTE N° 9741**

### **L'impact sur la santé du bruit des avions et des émissions de polluants à proximité de l'aéroport de Bruxelles-Zaventem**

In this scientific advisory report, which offers guidance to public health policy-makers, the Superior Health Council of Belgium provides an overview of the potential health burden of aircraft noise and pollutant emissions on citizens living near Brussels Airport.

This report aims at providing both authorities, citizens and the airport with specific recommendations contributing to a lower burden of disease, annoyance and sleep disturbance.

Version validée par le Collège de  
14 avril 2024<sup>1</sup>

## **RÉSUMÉ EXÉCUTIF**

### **1. Introduction, contexte et champ d'application**

Le présent avis du Conseil supérieur de la santé (CSS) analyse l'impact sanitaire potentiel des activités aéronautiques de l'aéroport de Bruxelles (Zaventem) sur les habitants des zones environnantes densément peuplées. Il a été préparé en réponse à une demande d'avis soumise par le ministre fédéral des Affaires sociales et de la Santé publique en octobre 2022.

Au cours du 20<sup>e</sup> siècle, l'aéroport s'est considérablement développé pour devenir la plaque tournante internationale qu'il est aujourd'hui, parallèlement à la forte urbanisation de la zone environnante. Selon Brussels Airport Traffic Control (BATC), 234 461 mouvements d'avions ont été effectués en 2019 (contre 178 924 en 2022)<sup>2</sup>, dont 17 347 (16 916 en 2022) entre 23 heures et 6 heures du matin. La plupart de ces vols de nuit entre 23h et 6h concernent des transports de fret (45,68 % en 2019 et 53,34 % en 2022). Toutefois, ces chiffres sous-estiment largement la charge réelle du trafic aérien nocturne, puisque 10 029 vols (7 804 en 2022) ont lieu entre 6 et 7 heures du matin. Selon les contours de bruit établis autour de l'aéroport de Bruxelles pour l'année 2019, 163 718 riverains vivaient dans les zones définies par les contours de bruit > 45 dB(A)  $L_{night}$  (23h - 7h) (en 2022 : 151 901 riverains). Plus de 163 518 riverains ont subi plus de 10 survols avec un  $L_{max}$  supérieur à 60 dB(A) par nuit (en 2022 : 123 239 riverains). Les avions décollent principalement de la piste 25R et atterrissent sur les pistes 25L/25R en raison du vent dominant du sud-ouest pendant la journée ; les vents faibles de la nuit offrent une plus grande liberté quant au choix de la piste. En raison de la situation particulière de l'aéroport de Bruxelles-National, proche de la frontière de différentes régions

<sup>1</sup> Le Conseil se réserve le droit de pouvoir apporter, à tout moment, des corrections typographiques mineures à ce document. Par contre, les corrections de sens sont d'office reprises dans un erratum et donnent lieu à une nouvelle version de l'avis.

<sup>2</sup> Étant donné que le trafic aérien n'avait pas encore retrouvé son niveau d'avant la crise COVID en 2022, le présent rapport se concentre sur les chiffres de 2019, qui donnent une image plus fiable des mouvements d'avions habituels à Zaventem. Par souci d'exhaustivité, les chiffres pour 2022 sont indiqués entre parenthèses.

et communautés, la gestion adéquate et la répartition des nuisances acoustiques induites par les avions constituent une question politique complexe depuis des dizaines d'années.

Le présent avis donne une vue d'ensemble des connaissances scientifiques actuelles publiées, obtenues en rassemblant des données provenant de plusieurs études existantes sur l'aéroport de Bruxelles, mais aussi en identifiant les lacunes dans les connaissances et en organisant des auditions d'experts sur des rapports d'études provenant d'aéroports en France (ACNUSA), en Allemagne (étude NORAH) et aux Pays-Bas (étude RIVM). Bien que la demande d'avis se soit concentrée sur les effets du bruit des avions, qui font généralement l'objet de la plus grande attention dans le débat sur l'aéroport de Bruxelles, le CSS a opté pour une analyse plus large en incluant également les effets de la pollution atmosphérique liée aux mouvements des avions. La pollution atmosphérique est l'un des plus grands risques environnementaux pour la santé humaine, augmentant de manière significative l'incidence des maladies, en particulier les maladies cardiovasculaires et plusieurs types de cancer, les décès prématurés et les années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI/DALY). Les effets néfastes sur la santé ne sont pas seulement causés par des facteurs uniques, mais sont souvent amplifiés par l'interférence entre plusieurs facteurs. Les mesures prises pour contrer les influences négatives doivent donc tenir compte de ces interférences. En outre, le CSS reconnaît que les émissions de l'aviation contribuent également à des problèmes environnementaux mondiaux tels que le changement climatique et les dépôts atmosphériques d'azote, et appelle donc à une réflexion plus large sur l'aviation durable.

Enfin, le CSS émet des recommandations pour de nouvelles actions visant à améliorer la protection de la santé des riverains de l'aéroport de Bruxelles. D'autres intérêts (par exemple, économiques et financiers) ne sont pas pris en compte.

## 2. Questions

Ce résumé donne un aperçu de haut niveau des réponses du CSS aux questions soulevées dans la demande d'avis. De plus amples informations et références sont disponibles dans l'avis complet.

2.1 Quels sont les effets directs et indirects sur la santé publique du bruit généré par les avions, tant en termes de niveau sonore que de fréquence des vols, et des émissions de polluants atmosphériques générés par les aéronefs dans le voisinage au sens large de l'aéroport ?

L'étude des effets néfastes sur la santé (directs et surtout indirects) est complexe et nécessite des études épidémiologiques complexes et impartiales, idéalement corrigées statistiquement pour tenir compte des facteurs de confusion possibles. **Une "association" entre l'exposition et un effet particulier n'implique pas nécessairement une "relation de cause à effet"**. Pour établir une telle relation causale, certains critères doivent être vérifiés : (1) la cohérence de l'association dans différentes études utilisant des méthodes différentes ; (2) l'intensité de l'association ; (3) la spécificité de l'association entre une cause unique et l'effet ; (4) l'existence d'un lien temporel ; (5) la cohérence de l'association avec les connaissances existantes (et de préférence l'existence d'une relation mécanistique) ; et (6) l'existence d'une relation dose-réponse. Les études et les revues systématiques examinées par le CSS ont tenu compte autant que possible de ces critères et de l'existence de facteurs de confusion.

### 2.1.1. Bruit des avions

Le bruit excessif des avions est préjudiciable à la santé et au bien-être. Dans ses "Environmental Noise Guidelines"<sup>3</sup> de 2018, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande vivement de réduire les niveaux de bruit produits par les avions en dessous de 45 dB(A)  $L_{den}$  et 40 dB(A)  $L_{night}$ , car le bruit des avions au-dessus de ces deux limites est associé à des effets néfastes sur la santé. Cela est particulièrement vrai pour la deuxième limite, étant donné les effets néfastes du bruit nocturne sur le sommeil. Il convient de noter que ces recommandations concernent les niveaux de bruit à l'extérieur, c'est-à-dire au niveau de la façade la plus exposée des habitations.

Le bruit peut être associé à différents effets sur la santé :

- a) Des méthodes d'évaluation normalisées au niveau international révèlent qu'un niveau de bruit élevé est associé à une **forte gêne** déclarée, qui comprend des aspects cognitifs, émotionnels et comportementaux et qui est considérée comme un **signe avant-coureur d'effets néfastes sur la santé**. Plus précisément, la gêne élevée déclarée a été associée à un risque accru de troubles mentaux, notamment de dépression et d'anxiété. Les riverains dont les scores de gêne sont élevés présentent des niveaux de stress physiologique significativement plus élevés, ce qui constitue un facteur de risque d'hypertension. L'évaluation de l'OMS a conclu que 40 dB(A)  $L_{den}$  correspondent à une prévalence de 1,2 % de forte gêne (HA). À 50 dB(A) ( $L_{den}$ ), la prévalence de la gêne élevée passe à 17,9 %, et à 60 dB(A) ( $L_{den}$ ) à 36 %. Au même niveau de bruit moyen ( $L_{den}$ ), une fraction plus importante de la population se déclare très gênée par le bruit des avions que par celui du trafic routier. Cela est probablement dû à l'intermittence plus élevée du bruit des avions et à la nature de son profil sonore.
- b) **La perturbation du sommeil est le principal effet néfaste sur la santé** causé par le bruit des avions la nuit. Le sommeil remplit une fonction physiologique essentielle qui ne peut être remplacée (consolidation de la mémoire, processus immunologiques et endocriniens clés). Son pouvoir réparateur est déterminé par la durée et la qualité du sommeil, qui dépendent toutes deux de l'intensité du bruit, du nombre de vols et de leur répartition dans le temps. Les troubles du sommeil sont causés à la fois par les éveils et les changements de stade du sommeil. La courte durée et la mauvaise qualité du sommeil ont des effets à court terme (baisse des performances pendant la journée et irritabilité) et à long terme (contribution à des maladies chroniques telles que l'obésité, le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires, les douleurs chroniques, le syndrome de fatigue chronique, les maladies neurodégénératives, la dépression et peut-être, indirectement, le cancer du sein). Des troubles du sommeil autodéclarés ont récemment été corrélés de manière prospective avec un risque de cancer toutes causes confondues. Une mesure objective (actigraphie) de la courte durée du sommeil et de la mauvaise qualité du sommeil a également été prospectivement corrélée à la mortalité cardiovasculaire et cancéreuse toutes causes confondues dans une grande base de données. Des études polysomnographiques, qui mesurent objectivement les paramètres de la physiologie du sommeil, ont montré que le bruit nocturne des avions avait des effets négatifs sur la durée et la qualité du sommeil. Ces résultats confirment les liens entre les troubles du sommeil signalés par les intéressés et le bruit nocturne des avions. L'évaluation de l'OMS a conclu que 40 dB(A)  $L_{night}$  est associé à une forte perturbation du sommeil chez 11,3 % des participants à l'étude. À 50 dB(A) ( $L_{night}$ ), ces chiffres passent à 19,7 %, tandis qu'à 60 dB(A) ( $L_{night}$ ), ils atteignent 32,3 %. Cependant, des recherches récentes ont montré que

<sup>3</sup> <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289053563> (consulté le 22/1/2024)

la fréquence des survols est d'une importance capitale pour la qualité du sommeil. Les enfants sont un groupe plus vulnérable, car leur développement cognitif et physique nécessite plus de sommeil. Pour les adultes, une durée de sommeil de bonne qualité de 8 heures est généralement idéale.

En raison de ces facteurs de stress, les effets négatifs suivants peuvent apparaître **indirectement** :

- a) **Troubles cognitifs.** Il a été démontré que le bruit des avions est associé négativement au développement cognitif des enfants. Une étude transversale (NORAH) portant sur plus de 1 000 élèves de deuxième année de 29 écoles situées autour de l'aéroport de Francfort-sur-le-Main a montré qu'il existait une relation linéaire entre l'augmentation de l'exposition et trois indicateurs différents : l'évaluation de la qualité de vie, la gêne causée par le bruit et les performances en matière de lecture. Alors que l'exposition au bruit était inférieure à 60 dB(A) ( $L_{Aeq, 8-14}$ ) dans toutes les écoles étudiées, une augmentation de 10 dB(A) et de 20 dB(A) par rapport aux écoles les moins exposées (39 à 46 dB(A)  $L_{Aeq, 8-14}$ ) était associée, respectivement, à un retard d'un mois et de deux mois dans l'apprentissage de la lecture.
- b) **Hypertension.** De nombreuses études, telles que l'étude de cohorte HYENA réalisée autour de six aéroports européens, ont révélé une incidence accrue de l'hypertension avec une exposition plus importante au bruit des avions. Alors que l'examen de l'OMS de 2018 n'a pas révélé d'augmentation significative de l'incidence de l'hypertension par incrément de 10 dB(A) de  $L_{den}$ , une étude longitudinale plus récente (DEBATS en France) a confirmé une association entre le bruit des avions et l'hypertension prévalente et incidente.
- c) De nombreuses études ont établi un lien entre les **maladies cardiovasculaires** et le bruit des avions, par le biais du stress et du manque de sommeil. Selon l'OMS, le rapport de risque accru pour l'incidence des cardiopathies ischémiques (IHC) est de 9 % (IC à 95 % : 4-15 %) par augmentation de 10 dB(A) ( $L_{den}$ ). L'étude NORAH, basée sur les déclarations d'assurance de plus d'un million de riverains âgés de plus de 40 ans, a montré que les niveaux de bruit des avions supérieurs à 60 dB(A) ( $L_{Aeq, 24h}$ ) sont associés à un risque plus élevé d'infarctus du myocarde. Toutefois, l'augmentation globale du risque associée au bruit des routes et des voies ferrées a été estimée plus élevée. Par ailleurs, l'étude NORAH a montré que les assurés exposés à un faible bruit moyen ( $L_{Aeq, 24h} < 40$  dB(A)) mais à un  $L_{Amax} > 50$  dB(A) présentaient un risque d'accident vasculaire cérébral plus élevé de 7 % et un risque d'insuffisance cardiaque plus élevé de 6 %. Des recherches ont également établi un lien entre le bruit des avions et un risque plus élevé de mortalité par infarctus du myocarde, indépendamment de la pollution atmosphérique et des facteurs socio-économiques.
- d) **Santé mentale et dépression.** Les nuisances dues au bruit des avions sont associées à des problèmes de santé mentale. L'étude NORAH a mis en évidence une association en forme de "U" inversé entre le bruit des avions et la dépression. Une augmentation de 8,9 % du risque de dépression par 10 dB(A) de  $L_{Aeq, 24h}$  a été constatée, mais une diminution a été observée à des niveaux de bruit plus élevés, probablement en raison d'une certaine forme d'accoutumance. Une autre explication pourrait être qu'en général, les niveaux de bruit les plus élevés sont obtenus plus près de l'aéroport, où

vivent davantage de personnes qui sont, d'une manière ou d'une autre, professionnellement impliquées dans les activités de l'aéroport.

- e) **Autres effets.** Certaines études suggèrent un lien possible entre l'exposition au bruit des avions et, par exemple, l'incidence du cancer du sein ou l'issue défavorable des grossesses. Des études épidémiologiques à grande échelle ont conclu que l'exposition au bruit du trafic routier peut être liée à des maladies métaboliques, notamment l'obésité et le diabète de type II. Toutefois, l'interprétation des études d'observation est souvent entravée par les multiples facteurs de confusion pour lesquels les informations nécessaires n'étaient pas toujours disponibles.

### 2.1.2. *Polluants atmosphériques*

La combustion du kérosène entraîne l'émission de différents polluants nocifs, notamment des particules (y compris des particules ultrafines), des composés organiques volatils (COV), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des esters organophosphorés (OPE), des métaux, des oxydes d'azote, etc. On sait depuis de nombreuses années que ces polluants atmosphériques ont un impact majeur sur la santé humaine, en particulier sur les maladies cardiovasculaires, les maladies pulmonaires obstructives chroniques et plusieurs types de cancer (voir également l'avis n° 9404 du Conseil supérieur de la santé). Toutefois, il est très difficile de documenter ces effets dans les études épidémiologiques menées aux abords des aéroports, étant donné que de nombreuses autres sources de pollution y sont présentes et que l'épidémiologie humaine ne dispose pas de la sensibilité et de la capacité distinctive nécessaires. Des études épidémiologiques moléculaires et des études mesurant les fonctions physiologiques pourraient donner une vision plus mécaniste des effets sur la santé. Seules les UFP ont fait l'objet de mesures et de modélisations approfondies à proximité de l'aéroport de Bruxelles par le VITO. La plus grande quantité d'UFP a été trouvée juste sous le vent de l'aéroport à Steenokkerzeel (moyenne 10-100 nm, environ 15 900 pt/cm<sup>3</sup>). Les UFP se dispersent et se diluent vers le nord-est en raison du vent dominant du sud-ouest (moyenne 10-100 nm à Kampenhout, environ 6 600 pt/cm<sup>3</sup>). Le diamètre des particules d'UFP des avions étant principalement inférieur à 20 nm, la surface spécifique élevée des UFP entraîne l'adsorption d'un plus grand nombre de composés toxiques (y compris les HAP cancérigènes) que les particules plus grosses. Ces composés nocifs sont acheminés vers les régions pulmonaires les plus distales. Alors que les UFP suscitent un intérêt croissant dans la recherche, peu d'études sont disponibles sur les effets sanitaires de l'ensemble des émissions des avions à réaction. Aux Pays-Bas, plusieurs études pertinentes ont été réalisées près de l'aéroport de Schiphol.

Un programme de recherche quinquennal du RIVM (rapport général publié en 2022) a établi une distinction entre les effets aigus et chroniques sur la santé associés à l'exposition aux émissions d'avions à réaction près de Schiphol :

- a) **Système cardiovasculaire.** Il existe des preuves indicatives d'une association avec des effets chroniques et aigus sur le système cardiovasculaire. Des associations positives ont été trouvées avec l'incidence de la consommation de médicaments pour les maladies cardiaques et la mortalité due à l'arythmie. Dans les enquêtes, des associations ont été trouvées avec un plus grand nombre d'accidents vasculaires cérébraux et de crises cardiaques autodéclarées. Lors d'expériences d'exposition à court terme chez des adultes, un allongement de l'intervalle QTc (ECG) a été observé.

- b) **Hypertension.** Les enquêtes (Health monitor) ont révélé une association positive avec l'hypertension. En revanche, aucune association positive n'a été trouvée avec l'utilisation de médicaments contre cette maladie.
- c) **Issues défavorables de la grossesse.** Des preuves indicatives (littérature) montrent que l'exposition aux UFP émis par les avions est associée positivement avec différents types d'issues défavorables de la grossesse (prématurité, faible poids à la naissance, malformations congénitales).
- d) **Maladies respiratoires.** Rien ne prouve que l'exposition à long terme aux UFP émis par les avions soit liée à des troubles du système respiratoire (mortalité : maladie respiratoire totale, BPCO, cancer du poumon ; morbidité : asthme). En revanche, l'exposition à court terme est associée à un plus grand nombre de troubles respiratoires chez les enfants et à un recours accru aux bronchodilatateurs. Chez les adultes, une diminution de la fonction pulmonaire (CVF) a été observée.
- e) Aucune association claire/cohérente n'a été trouvée entre l'exposition aux UFP des avions et la santé générale (mortalité toutes causes confondues, santé auto-perçue), les effets neurologiques ou le métabolisme.

Ces différents effets apparaissent également à des degrés divers dans la vaste littérature sur les effets des UFP sur la santé humaine. Les résultats de l'étude du RIVM donnent une idée des effets potentiels des UFP des avions, mais ces résultats ne peuvent pas être simplement extrapolés de Schiphol à l'aéroport de Bruxelles, car le contexte géographique est très différent (la densité de population est beaucoup plus élevée à proximité immédiate de l'aéroport de Bruxelles qu'à Schiphol). En outre, il n'est pas facile de distinguer les effets sur la santé des UFP qui proviennent de l'aviation ou du trafic routier dans la région. Une étude spécifique du contexte autour de l'aéroport de Bruxelles est nécessaire.

Divers autres polluants ne sont pas spécifiquement mesurés autour des aéroports ou liés aux émissions aéroportuaires, ce qui ne signifie pas qu'ils ne sont pas présents dans des concentrations nocives ou qu'ils ne pourraient pas interagir, car l'exposition est multiple (divers polluants atmosphériques et le bruit).

De nombreuses études montrent une augmentation de la charge cancéreuse associée à l'exposition aux UFP, aux  $PM_{2,5}$  et au  $NO_2$  liés aux activités aéroportuaires, y compris, entre autres, les tumeurs cérébrales malignes. Cependant, en 2005, une vaste étude écologique basée sur la population près de Schiphol a conclu que l'incidence globale du cancer près de Schiphol était similaire à l'incidence nationale. Bien que l'incidence des hémopathies malignes ait augmenté de manière significative, aucune relation spécifique avec la qualité de l'air ambiant n'a pu être établie.

On peut se demander si l'attention portée à la pollution atmosphérique (et à la pollution sonore) due aux avions ne devrait pas être élargie à d'autres aspects de l'activité aéroportuaire. La pollution atmosphérique due aux avions est en effet un problème en soi, mais l'impact de l'aéroport sur la qualité de l'air ambiant est beaucoup plus important parce que l'augmentation du nombre de vols et surtout de l'activité de fret entraînera une augmentation significative du trafic routier, à la fois la nuit et le jour, avec des poids lourds dans une zone densément peuplée qui est déjà confrontée à des conditions de trafic saturées et à la pollution sonore et atmosphérique concomitante. Il en va de même pour la pollution sonore, surtout si l'on considère l'ambition de l'aéroport de Bruxelles de plus que doubler le trafic de fret d'ici 2032. Sur la base du rapport sur les incidences environnementales (RIE), on

peut s'attendre à ce qu'en 2032, le nombre de camions augmente de 43 % par rapport à 2019. Les données récentes et les perspectives peuvent être obtenues à partir du RIE qui a été mis à la disposition du public en décembre 2023.

2.2. Existe-t-il des différences entre les effets des vols de jour, des vols tôt le matin et des vols de nuit ?

### 2.2.1. *Bruit des avions*

Sur la base d'un examen approfondi de la littérature et de l'avis de ses experts, le CSS conclut que non seulement les niveaux de bruit moyens, mais surtout le nombre de survols où le niveau de bruit dépasse un certain seuil ont un impact significatif sur le type et la gravité des effets sur la santé induits par le bruit des aéronefs.

Étant donné l'importance d'un sommeil de qualité suffisante pour la santé physique et mentale, l'exposition nocturne au bruit des avions a les effets les plus néfastes. En effet, des études polysomnographiques et des auto-évaluations ont montré que la probabilité de réveil est plus élevée, que le délai d'endormissement est plus long et que les troubles du sommeil sont plus importants. Surtout, l'augmentation de la fréquence des survols nocturnes a été associée à une augmentation statistiquement significative de la proportion de riverains gênés. La nuit acoustique, c'est-à-dire la période pendant laquelle le niveau  $L_{night}$  est mesuré, commence à 23 heures et se termine à 7 heures. Or, la période de nuit aéroportuaire, telle que définie par le gouvernement fédéral et durant laquelle des restrictions de vol sont en vigueur, débute à 23h et se termine à 6h. Le CSS tient à souligner l'importance de ce décalage d'une heure. En effet, le sommeil ayant tendance à être moins profond au petit matin, les vols ayant lieu à ce moment de la journée ont un effet significatif sur la perception de la qualité du sommeil, les dormeurs étant plus facilement réveillés, mais aussi sur les paramètres objectifs du sommeil. L'étude NORAH a montré que si l'interdiction des vols de nuit à Francfort a entraîné une diminution des réveils dus au bruit des avions jusqu'au petit matin (l'interdiction des vols de nuit prend fin à 5 heures du matin à Francfort), la plus forte concentration de vols au petit matin (5 à 7 heures) a eu un effet inverse sur la perception de la qualité du sommeil. Alors que les vols du soir ne semblent pas influencer la latence d'endormissement à Francfort, celle-ci augmente de manière significative autour de l'aéroport de Cologne-Bonn, qui n'a pas d'interdiction des vols de nuit.

Outre le  $L_{night}$ , il convient de mentionner que la fréquence d'exposition a une influence dominante sur la qualité du sommeil objectivée par la polysomnographie. Pour caractériser correctement la fréquence d'exposition, il convient d'utiliser des indicateurs d'événements sonores uniques plus qualifiés ( $L_{Amax}$  ou SEL).

Même si l'exposition nocturne est d'une importance capitale, l'exposition diurne au bruit des avions a également été associée à des effets sur la santé, notamment une forte gêne, et à des difficultés d'apprentissage chez les écoliers.

### 2.2.2. *Polluants atmosphériques*

La concentration des polluants atmosphériques dans la couche limite de l'atmosphère (basse troposphère) est influencée à la fois par les conditions météorologiques et par l'heure de la journée. La dispersion des polluants est favorisée par l'instabilité de l'air due à l'advection (vent : transport horizontal, bien que médié par la forme de l'environnement bâti) et à la convection, qui provoque des turbulences atmosphériques.

Un état stable se produit lorsque l'air proche du sol est plus froid que l'air plus élevé. Cela crée une inversion de température où l'air froid est piégé près du sol par une couche d'air plus chaud. En conséquence, la dispersion et la dilution des polluants sont limitées. Les polluants peuvent rester piégés près du sol, entraînant une accumulation de la pollution autour de la source d'émission. Une forte stabilité est observée peu après le lever du soleil (tôt le matin) et peu avant le coucher du soleil (fin d'après-midi, début de soirée). Il n'est donc pas conseillé de concentrer les émissions de polluants (tels que les UFP) à ces moments de la journée.

2.3. Y a-t-il une évolution dans l'évaluation de ces effets dans la littérature scientifique internationale, et des études de qualité ont-elles été menées à ce sujet à proximité d'aéroports comparables en Europe occidentale, dont la méthodologie pourrait être utile en Belgique ?

La plupart des études se concentrent sur l'exposition au bruit. La pollution atmosphérique ne doit cependant pas être négligée. En outre, peu d'études traitent de l'effet combiné de la pollution atmosphérique et de l'exposition au bruit.

#### 2.3.1. *Le bruit des avions*

Il existe une abondante littérature sur les effets du bruit des avions sur la santé humaine. De nombreuses études récentes ont associé le bruit des avions à une gêne (importante) et à des troubles du sommeil, ainsi qu'à des troubles cognitifs, à l'hypertension et aux maladies cardiovasculaires (voir ci-dessus).

Les études menées en Europe comprennent l'étude DEBATS (France), l'étude NORAH (Allemagne) ou l'étude HYENA (UE). Le groupe d'experts du CSS a auditionné des représentants des deux premières études.

L'étude DEBATS a été lancée par l'Autorité française de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) pour évaluer les effets potentiels du bruit des avions sur le sommeil à proximité de trois aéroports (Paris Charles-De-Gaulle, Lyon-Saint-Exupéry, Toulouse-Blagnac), en utilisant trois types d'approches méthodologiques :

- a) Une étude écologique, qui vise à relier des indicateurs de santé agrégés à l'exposition moyenne pondérée.
- b) Une étude longitudinale individuelle : les individus ont été suivis pendant au moins 4 ans avec des mesures répétées de leur état de santé (questionnaires, mesures de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque et du cortisol salivaire).
- c) Une étude du sommeil menée auprès des participants à l'étude longitudinale visant à obtenir une description détaillée et spécifique des effets aigus du bruit des avions sur la qualité du sommeil. Cette étude a été menée en collaboration avec Bruitparif, qui a participé à l'instrumentation au domicile des participants (mesures acoustiques, mesures actimétriques -mouvement des membres-, mesure du rythme cardiaque).

L'étude NORAH a été menée sur une période de 3 ans (2011, 2012, 2013) et s'est concentrée sur les effets sur la santé du bruit des avions autour de l'aéroport de Francfort avant et après l'ouverture d'une nouvelle piste et l'introduction d'une interdiction des vols de nuit :

- a) Les nuisances sonores ont été principalement étudiées au moyen d'enquêtes en ligne et par téléphone. L'étude a également cherché à savoir si l'introduction de l'interdiction

des vols de nuit avait entraîné des changements dans la gêne causée par le bruit des avions. Elle a examiné les effets combinés du bruit des avions et des trains, d'une part, et du bruit des avions et du trafic, d'autre part, et a étudié les relations exposition-réponse. Pour ce faire, l'exposition au bruit du trafic aérien, ferroviaire et routier a été calculée pour chaque participant à son domicile au cours de l'année précédant l'enquête.

- b) Les troubles du sommeil ont été mesurés à la fois objectivement par polysomnographie et ECG + actigraphie, et subjectivement à l'aide de questionnaires. Les niveaux de pression acoustique et les événements sonores individuels ont été mesurés en continu à l'oreille du dormeur. L'étude a comparé les résultats de deux groupes à heure de coucher différente (l'un exposé au bruit des avions le soir et tôt le matin, l'autre uniquement tôt le matin) ainsi que ceux d'une étude sur le terrain réalisée près de l'aéroport de Cologne-Bonn, qui n'a pas interdit les vols de nuit.
- c) En ce qui concerne les maladies cardiovasculaires, l'étude a utilisé les données de trois caisses d'assurance maladie et les a mises en relation avec l'exposition actuelle et passée au bruit.
- d) Les effets sur la cognition et la qualité de vie liée à la santé des enfants ont été étudiés à l'aide de trois indicateurs : les capacités de lecture et autres capacités connexes chez les enfants, la qualité de vie auto-déclarée et la gêne auto-déclarée. L'étude s'est concentrée sur les élèves de deuxième année (âgés de 7 à 9 ans) des écoles situées à proximité de l'aéroport de Francfort-sur-le-Main. L'exposition au bruit à l'école et à la maison a été calculée pour chaque enfant à l'aide des données radar du système de surveillance des trajectoires de vol et du bruit des avions (FANOMOS) pendant une période de 12 mois avant la collecte des données. Les écoles ont été divisées en différents groupes en fonction des niveaux sonores qui prévalaient pendant la journée et une attention particulière a été portée à la comparabilité de ces groupes (origine migratoire, statut socio-économique, etc.). Les mesures ont été obtenues par des tests à l'école (lecture, intelligence non verbale, etc.) ainsi que par des questionnaires.

### 2.3.2. Polluants atmosphériques

Il est surprenant de constater que l'impact des émissions des avions à réaction sur la santé des personnes vivant à proximité des aéroports internationaux n'a pas fait l'objet d'études approfondies dans la littérature internationale actuelle. Une étude prometteuse et pionnière a récemment été menée près de l'aéroport de Schiphol par le RIVM néerlandais (2022), à l'aide d'une approche multidisciplinaire. Leur méthodologie comportait trois volets :

- a) Mesure et modélisation des concentrations d'UFP à long terme.  
Le modèle de dispersion s'est avéré adapté aux études épidémiologiques sur l'exposition à long terme.
- b) Études sur les effets sur la santé des expositions à court terme aux UFP.  
Trois études ont été entreprises :
  - Une étude de panel avec des enfants d'écoles primaires dans des zones résidentielles à des concentrations réelles d'UFP.

- Une étude sur des volontaires avec des adultes en bonne santé exposés à des concentrations élevées d'UFP dans un laboratoire mobile à proximité de l'aéroport (mesures de la fonction pulmonaire, du NO exhalé, de l'ECG, de la pression artérielle, de la saturation en oxygène).
- Une étude toxicologique (in vitro) sur des cellules épithéliales bronchiques humaines.

c) Études sur les effets sur la santé d'une exposition à long terme aux UFP. Les concentrations modélisées d'UFP ont été mises en relation avec les données des riverains exposés, en utilisant les registres et les enquêtes sanitaires existants.

Les analyses statistiques ont été ajustées pour tenir compte des effets du bruit afin de ne pas surestimer les effets des UFP. Sur la base d'une méthodologie similaire, une étude comparative intéressante pourrait être réalisée autour de l'aéroport de Bruxelles.

#### 2.4. Quel est l'impact de ces effets sur les budgets et sur l'organisation des soins de santé?

En termes d'organisation des soins de santé, on peut s'attendre à ce qu'une réduction de la pollution et du bruit autour de l'aéroport de Bruxelles réduise le fardeau sur le plan de la morbidité et de la mortalité, mais aussi certainement sur les médecins généralistes et les hôpitaux (pathologies graves). Sur la base de courbes dose-réponse équilibrées et d'années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI/DALY), tant pour le bruit que pour les UFP, le "*Federaal Kenniscentrum - Centre fédéral d'expertise*" (KCE) devrait quantifier l'impact sur le budget des soins de santé. Ce calcul n'est pas du ressort du Conseil supérieur de la santé et le présent avis ne peut que documenter les informations connexes obtenues dans la littérature ou lors des auditions mentionnées ci-dessus.

D'une manière générale, chaque étude devrait suivre la même méthodologie : (1) évaluer la population exposée, (2) évaluer la fraction de cette population qui souffrira d'effets sur la santé, (3) évaluer le nombre d'années de bonne santé perdues (maladie et mortalité) et (4) attribuer une valeur monétaire à chaque année perdue. Chacune de ces étapes peut être critiquée et pourrait être affinée par de nouvelles études, mais cela n'enlève rien au fait que, dans l'ensemble, chaque étude attribue un coût économique considérable au trafic aérien à proximité des aéroports.

Dans ce contexte, le CSS note que les fonctions exposition-réponse utilisées pour ces calculs sont basées sur des revues systématiques de preuves telles que celles mentionnées dans le rapport de 2018 de l'OMS, où la qualité des preuves des revues systématiques a été évaluée selon les lignes directrices GRADE, en tenant compte de la conception de l'étude, du nombre de participants et des facteurs de confusion inclus. Bien que la plupart des études aient pris en compte un ensemble de facteurs de confusion, dans certains cas, cette information n'était pas disponible, ce qui peut affaiblir leur interprétation. Dans les études sur la gêne due au bruit, les facteurs non acoustiques<sup>4</sup> peuvent représenter jusqu'à 33 % de la variance. Plus précisément, les experts de l'OMS ont estimé que l'association entre  $L_{night}$  et les troubles du sommeil et  $L_{den}$  et la gêne élevée, les compétences en lecture et la compréhension orale chez les enfants était de qualité modérée.

<sup>4</sup> Les facteurs de confusion non acoustiques possibles dans les études sur le bruit peuvent être : le sexe, l'âge, l'éducation, la sensibilité subjective au bruit, l'extraversion/introversion, le score de stress général, la comorbidité, la durée de résidence, la durée du séjour dans le logement pendant la journée, l'orientation de la fenêtre d'une chambre ou d'un salon vers la rue, l'évaluation personnelle de la source, les attitudes à l'égard de la source de bruit, la capacité d'adaptation au bruit, la perception d'un manquement de la part des autorités responsables, l'indice de masse corporelle, les habitudes de consommation de tabac.

#### 2.4.1. Bruit des avions

Il existe des études sur les coûts sanitaires de l'exposition au bruit en termes d'impact financier, tandis que d'autres études examinent les effets des mesures de réduction de l'exposition.

En France, le coût social total du bruit est estimé à 147 milliards d'euros par an, sur la base des données et études existantes (rapport de l'ADEME). Parmi ces coûts, 97,8 milliards d'euros sont liés aux transports, dont 6,1 milliards sont dus au bruit des avions.

En Belgique, une courte étude commandée par le "*Bond Beter Leefmilieu*" a été réalisée en 2023 par un bureau d'études français, ENVISA, pour évaluer l'impact économique du bruit des avions sur la santé des riverains de l'aéroport de Bruxelles. Les auteurs ont utilisé la même méthodologie que celle utilisée pour une étude menée en 2021 par Bruitparif en Ile de France (Le coût social du bruit en Ile de France), et leurs résultats sont en ligne avec ceux de cette dernière. En utilisant les contours de bruit de 2019 pour  $L_{den}$  45 dB(A) et  $L_{night}$  40 dB(A), selon les recommandations des lignes directrices de l'OMS de 2018, il a été calculé que 220 000 personnes sont fortement gênées, ce qui représente 4 380 DALY et un coût économique de la santé de 578 millions d'euros par an. Une forte perturbation du sommeil chez 109 999 personnes correspond à 7 630 DALY et un coût y associé de 1 milliard d'euros par an. En outre, l'exposition au bruit soumet 2 000 personnes à un risque accru de cardiopathie ischémique (assise factuelle de très faible qualité, OMS 2018) et 51 000 personnes à un risque accru d'hypertension (assise factuelle de faible qualité, OMS 2018), ce qui peut correspondre à 6 800 AVCI et à un coût économique potentiel pour la santé de près de 900 millions d'euros par an.

#### 2.4.2. Polluants atmosphériques

Aucune donnée n'est disponible à l'heure actuelle. Il ne sera pas possible d'effectuer ce calcul tant que l'exposition et la charge de morbidité des riverains de l'aéroport de Bruxelles-National n'auront pas été mieux étudiées. On peut s'attendre à ce que seules des études épidémiologiques moléculaires, dans lesquelles les fonctions physiologiques sont également mesurées et dans lesquelles les associations avec des expositions internes spécifiques sont étudiées, puissent fournir des informations fiables. Toutefois, il devrait être possible de calculer le coût économique pour la santé de la pollution atmosphérique due au trafic routier et causée par les camions en provenance et à destination de l'aéroport.

### 2.5. Quelles sont les recommandations politiques dans le cadre de ce dossier?

#### a) Réduire l'exposition au bruit des avions

- Compte tenu des preuves substantielles montrant des **effets négatifs (graves) sur la santé**, qui sont principalement liés aux troubles du sommeil, le CSS estime qu'une **interdiction complète des vols de nuit** entre 23 heures et 7 heures est la mesure la plus souhaitable du point de vue de la santé pour protéger le bien-être des quelque 163 518 habitants situés dans les contours de bruit  $L_{night} > 45$  dB(A) de 2019. Cette mesure devrait au moins permettre aux personnes vivant à proximité de l'aéroport de bénéficier de **7 heures, idéalement 8 heures, de sommeil sans être dérangées par le bruit des avions**. En outre, il convient de veiller tout particulièrement à éviter une forte concentration de vols aux heures marginales, tôt le matin et tard le soir.

- Il est également important de rappeler que les régions sont responsables de l'aménagement du territoire. Il s'ensuit que la Région Bruxelles-Capitale et la région flamande devraient mettre un terme à l'urbanisation à des fins résidentielles dans les zones concernées, contrairement à la pratique actuelle.
- Les trajectoires de vol doivent être alignées de manière à ce que personne ne subisse de nuisances inacceptables en termes de nombre de dépassements du seuil de 60 dB(A)  $L_{Amax}$ , en particulier la nuit. Conformément à ce concept (c'est-à-dire l'importance primordiale de l'intensité maximale ( $L_{Amax}/SEL$ ) et du nombre d'expositions), le nombre de personnes dont le sommeil est perturbé et le nombre de personnes gênées par ces paramètres d'exposition doivent être aussi faible que possible. Non seulement personne ne doit être soumis à un niveau d'exposition inacceptable, mais il faut également veiller à ce que le nombre de personnes fortement gênées soit le plus bas possible.
- Une expansion de l'aéroport dans le but d'augmenter le nombre de vols n'est pas acceptable compte tenu de la forte charge actuelle que représentent la pollution de l'air et l'exposition au bruit pour les riverains.
- À la lumière des preuves de plus en plus nombreuses que le bruit chronique des avions nuit à la cognition et à l'apprentissage des enfants, la CSS estime que tant le  $L_{Aeq}$  que le nombre de survols quotidiens dépassant le seuil de 60 dB(A) auxquels les écoliers sont exposés devraient être réduits. Il n'est pas certain que l'insonorisation des écoles contribuerait à réduire le bruit auquel les enfants sont exposés, tandis que la mise en œuvre de cette mesure impliquerait qu'une attention particulière soit portée à une ventilation suffisante.
- Il en va de même pour l'insonorisation des chambres à coucher : elle est irréaliste et ne se justifie pas, notamment parce que l'absence de ventilation entraîne les mêmes problèmes que dans les salles de classe. Le bruit de l'extérieur pénètre par les bouches d'aération, la ventilation elle-même est bruyante, et le manque de ventilation entraîne une augmentation considérable de la pollution de l'air intérieur, ainsi qu'une perturbation profonde du biotope de la chambre à coucher (humidité, température) - un problème qui deviendra de plus en plus grave avec le réchauffement de la planète - comme le montrent de nombreuses études.
- Les effets néfastes du bruit des avions sur la santé sont largement démontrés, mais les indicateurs utilisés pour quantifier l'exposition au bruit conduisent à une sous-estimation à la fois de l'impact du bruit et du nombre de personnes affectées. Pour associer l'exposition à différents types d'effets sur la santé (gêne, troubles du sommeil, effets cardiovasculaires et cognitifs, etc.), il convient de mettre en place une série d'indicateurs intégrés permettant de collecter des données fiables qui devraient être rendues publiques. L'indicateur le plus important pour évaluer l'impact des vols nocturnes et diurnes est la fréquence à laquelle le niveau maximal atteint par chaque vol dépasse 60 dB(A)  $L_{Amax}$  et l'ampleur du dépassement de ce seuil. Les niveaux acoustiques moyens annuels ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{Aeq}$ ) sont largement utilisés dans l'élaboration et le suivi des politiques ainsi que dans la communication entre les parties

prenantes et les riverains. Le groupe de travail insiste sur le fait que, du point de vue de l'impact du bruit sur la santé, le nombre de fois qu'un niveau de bruit événementiel donné est dépassé au cours d'une période donnée est beaucoup plus pertinent que les niveaux d'énergie acoustique moyens. Cela signifie que, même si une réduction des niveaux de bruit moyens (par exemple  $L_{den}$ ) serait la bienvenue, elle ne pourrait pas servir d'excuse pour augmenter la fréquence des vols.

- Compte tenu de la situation de l'aéroport de Bruxelles, les différentes régions devraient coopérer et convenir d'un ensemble commun d'indicateurs, d'un ensemble commun de seuils pour la protection de la santé et de leur application. En effet, ces indicateurs constituent la base d'un débat pacifique, constructif et collaboratif entre les parties prenantes et fourniraient un outil systématique pour mesurer les progrès et effectuer d'autres évaluations des risques.
- Actuellement, les niveaux d'exposition au bruit considérés par l'OMS comme des seuils d'effets néfastes sur la santé (45 dB(A)  $L_{den}$ , 40 dB(A)  $L_{night}$ ) sont inférieurs aux niveaux utilisés pour les rapports et l'évaluation des risques. Par conséquent, le CSS conseille d'aligner les seuils régionaux sur ceux de l'OMS pour la notification et la gestion des risques ainsi que d'utiliser les relations dose-effet les plus récentes, tout en se conformant à la législation européenne (directive (UE)2020/367 de la Commission, modifiant l'annexe III de la directive 2002/49/CE).

#### b) Réduire la pollution de l'air

Le CSS recommande que des mesures soient prises pour **réduire l'exposition aux UFP** dans les zones résidentielles proches des pistes. Les concentrations d'UFP devraient faire l'objet d'une surveillance plus continue en Région flamande et à Bruxelles-Capitale. Outre les UFP, d'autres émissions et/ou fractions devraient également être étudiées (par exemple, les  $PM_{2,5}$ , les HAP, les COV, les OPE, les  $NO_x$ ). Une surveillance permanente de ces émissions devrait être mise en place à l'aéroport de Bruxelles-National. Les données existantes sur les UFP montrent que les riverains vivant à proximité des pistes et plus loin le long de l'axe nord-est (diminution progressive) sont fortement exposés. Il est important que les **émissions n'augmentent plus** tôt le matin et le soir, lorsque l'air est le plus stable, car les pics d'émissions d'UFP mesurés sont déjà préoccupants à Diegem et à Steenokkerzeel.

#### c) Amélioration des connaissances scientifiques

Les données existantes concernant la fréquence des survols dépassant un seuil donné devraient être analysées, cartographiées (géographiquement) et une étude devrait être lancée pour relier ces données aux informations sanitaires disponibles (par exemple, l'utilisation de médicaments contre l'hypertension et la dépression, l'incidence des accidents vasculaires cérébraux, des infarctus du myocarde, de l'insuffisance cardiaque, de la mortalité régionale). Cependant, les études épidémiologiques conventionnelles manquent de la sensibilité nécessaire et de la capacité distinctive de mesurer l'impact d'un facteur environnemental (les activités associées à l'aéroport) sur l'incidence des maladies chroniques dans une situation environnementale complexe telle que la région autour de Bruxelles. Une approche épidémiologique moléculaire peut être plus précise et donner un aperçu beaucoup plus clair de la mesure dans laquelle les habitants proches de l'aéroport souffrent d'expositions internes accrues et d'effets sanitaires connexe en relation avec les activités de l'aéroport. Des études longitudinales et moléculaires fourniront des informations plus précises sur les effets potentiels sur la santé de la réduction du bruit des avions et de la pollution de l'air autour de