IMPACT SANITAIRE DU BRUIT ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE AUTOUR DES ZONES AEROPORTUAIRES

ETAT DES CONNAISSANCES

PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR LA MISE EN PLACE D'UNE SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE

RAPPORT DES GROUPES D'EXPERTS
JUIN 2007

Plan régional santé environnement, action 6 bis «Etudier l'impact sanitaire du trafic aérien en Ile-de-France»
Cellule interrrégionale d'épidémiologie d'Ile de France (InVS – Drassif)
DRASS Ile-de-France : service santé environnement

COMPOSITION DES GROUPES D'EXPERTS

GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DU BRUIT»

Claude Azais	Maître de Conférences à l'Université Toulouse III (en retraite)
Jean-Philippe Camard	ORS Ile-de-France
Alex Coblentz	Laboratoire d'Anthropologie, Université Paris V
Philippe Germonneau	InVS
Damien Leger,	Hôtel Dieu, Centre du Sommeil
Philippe Lepoutre	ACNUSA
Fanny Mietlicki	Bruitparif
Alain Muzet	Forenap
Michel Vallet	Aedifice

GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE»

Isabelle Annesi-Maesano	Inserm U707
Sabine Host	ORS Ile-de-France
Anne Kauffmann	AIRPARIF
Agnès Lefranc	InVS
Elisabeth Quoix	CHRU Strasbourg
Gabrielle Pauli	CHRU Strasbourg

COORDINATION, FINALISATION DU DOCUMENT, SECRETARIAT SCIENTIFIQUE

Dominique Dejour-Salamanca, CIRE Ile-de-France
Elise Daudens, CIRE Ile-de-France

Alice Kopel, DRASS service santé environnement
Patrick Fouillard, DRASS service santé environnement

SOMMAIRE

PREAMBULE 4
CHAPITRE 1 IMPACT SANITAIRE DU BRUIT 5
1 - ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT SANITAIRE DU BRUIT RESULTANT DES ACTIVITES AEROPORTUAIRES 5
INTRODUCTION 5
1.1- EFFETS AUDITIFS 5
1.2 - GENE 6
1.3 - MORTALITE 7
1.4 – TROUBLES DU SOMMEIL 7
1.5 - ATTEINTES CARDIO-VASCULAIRES 9
1.6 - PERFORMANCES SCOLAIRES DES ENFANTS 10
1.7- ATTEINTES PSYCHOLOGIQUES ET PSYCHIATRIQUES DES ADULTES 11
1.8 - AUTRES EFFETS EN COURS D'INVESTIGATION 11
2 - EXPOSITION DES POPULATIONS : CARACTERISATION DE L'EXPOSITION AU BRUIT AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES 12
2.1 – METHODES ACTUELLES D'EVALUATION DES EXPOSITIONS AU BRUIT AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES 12
2.2 – PRINCIPAUX CONSTATS SUR LA CARACTERISATION DE L'EXPOSITION AU BRUIT 15
CHAPITRE 2 IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE 19
1 - ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE RESULTANT DE L'ACTIVITE AEROPORTUAIRE 19
INTRODUCTION 19
1.1 - EFFETS A COURT TERME DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE 20
1.2 - EFFETS A LONG TERME DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE 21
1.3 - GROUPES SENSIBLES ET VULNERABILITE 23
1.4 - APPROCHE PSYCHOSOCIOLOGIQUE 23
2 - EXPOSITION DES POPULATIONS : CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS ET AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES 23
2.1 – CAMPAGNES DE MESURES 23
2.2 – EMISSIONS DE POLLUANTS 24
2.3 - POLLUTION DE L'AIR INTERIEUR 26
CHAPITRE 3 PROPOSITIONS D'INDICATEURS SANITAIRES ET D'EXPOSITION POUVANT ETRE SUIVIS EN CONTINU OU A INTERVALLES REGULIERS DANS LES ZONES EXPOSEES 28
3.1 RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DU BRUIT » 28
3.2 RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE » 29
CONCLUSION 32
GLOSSAIRE 34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 37

Tableau 1 : Bruit - Indicateurs d'exposition 17
Tableau 2 : Pollution atmosphérique Indicateurs d'exposition 26
Tableau 3 : Bruit - Indicateurs sanitaires, pertinence pour un système de surveillance 28
Tableau 4 : Effets sanitaires de la pollution atmosphérique - Niveau de preuve de la relation entre pollution atmosphérique et effets sanitaires 29
Tableau 5 : Pollution atmosphérique - Indicateurs sanitaires - Pertinence pour un système de surveillance. 31

PREAMBULE

Les aéroports constituent un ensemble complexe d'infrastructures (routes, voies ferrées, hôtels, bureaux, entrepôts et diverses industries) organisées autour des pistes et des hangars. Ils constituent par ailleurs d'importants pôles d'emplois vers lesquels convergent chaque jour des centaines de milliers d'employés et de voyageurs ainsi que des volumes toujours croissants de marchandises.
En plus des nuisances produites directement par les avions et hélicoptères (bruit et pollution atmosphérique), les riverains des communes situées à proximité des aéroports subissent également les nuisances liées à la présence des axes routiers et ferroviaires qui desservent la zone aéroportuaire.

En Ile-de-France,les aéroports internationaux de Paris Charles-De-Gaulle (CDG) et Paris-Orly ont généré près de 762 332 mouvements en 2006, avec 532 961 mouvements pour Paris - CDG et 229 371 mouvements pour Paris - Orly. Aéroports de Paris est le deuxième groupe aéroportuaire européen en termes de chiffres d'affaires aéroportuaires et le premier pour le fret et le courrier.

Lors de l'élaboration du plan régional santé environnement de la région Ile-de-France, une action intitulée «Etudier l'impact sanitaire du trafic aérien» a donc été insérée dans le plan.
Ces objectifs ont été définis en 2 points :

- Parvenir à un diagnostic qui fasse référence sur les effets sanitaires liés au trafic aérien et qui soit partagé par les professionnels de santé, les riverains et l'ensemble des acteurs.
- Mettre en place un dispositif de surveillance des impacts sanitaires du trafic aérien aux abords des zones aéroportuaires.

Parmi les nuisances, il a été acté que le bruit et la pollution atmosphérique feraient l'objet d'une attention plus particulière compte tenu de leurs possibles impacts sur la santé. Deux groupes d'experts l'un sur le bruit et l'autre sur la pollution atmosphérique ont été réunis afin de mettre en commun les éléments bibliographiques sur les effets sanitaires des activités aéroportuaires (bruit et pollution atmosphérique) et de rédiger un document de consensus sur ces effets sanitaires. Des propositions d'indicateurs sanitaires et d'exposition ont ensuite été formulées.

CHAPITRE 1 IMPACT SANITAIRE DU BRUIT

1 - ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT SANITAIRE DU BRUIT RESULTANT DES ACTIVITES AEROPORTUAIRES

INTRODUCTION

A la demande de la DRASS Ile-de-France, le CAREPS[1], a élaboré en décembre 2005, un document sur l'état des connaissances relatives à l'impact sanitaire des aéroports. Le groupe de travail s'est appuyé sur ce rapport et sur la bibliographie existante pour réaliser cette synthèse en faisant le choix de ne retenir que des résultats d'articles publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture ou exposés dans des congrès internationaux et de s'appuyer sur différents documents de synthèse internationaux ou nationaux. Parmi ces travaux, ceux de l'OMS[2,3,4,5] (et notamment le bureau de Bonn), de la Commission Européenne[6], et au niveau national de l'AFSSET[7], du CAREPS et de l'ORS Ile de France[8] ont été repris dans ce travail.

1.1- EFFETS AUDITIFS

La relation entre le bruit et l'audition est connue. L'exposition à un bruit intense ou à un traumatisme sonore sur l'appareil auditif est susceptible d'engendrer des bourdonnements d'oreille, une surdité passagère ou définitive et une hyperacousie. Lorsque les expositions sont répétées ou intenses, le seuil d'audition augmente, des acouphènes peuvent survenir et une surdité définitive peut s'installer. Si l'oreille interne est soumise à des niveaux sonores supérieurs à $L_{Aeq,8h}$ = 85dB, 40 heures par semaine, durant toute une vie, les cils sensoriels des cellules ciliées externes risquent d'être endommagées. L'oreille interne est lésée si le niveau sonore atteint 120 dB.

La nocivité d'un bruit dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels on relève : la durée d'exposition, la période d'apparition (nuit, soirée, jour), l'intensité du bruit, sa fréquence (les fréquences élevées sont plus nocives que les graves car davantage perçues par l'oreille humaine), le caractère soudain mais également l'association à d'autres facteurs de risque tels par exemple les vibrations, les agents chimiques (solvants, métaux) ou les médicaments ototoxiques. Par ailleurs, il existe des facteurs de vulnérabilité individuels tels que l'âge et les antécédents ORL notamment.

Peu d'articles traitent des effets auditifs du bruit des avions sur les riverains des aéroports. Le CAREPS n'a retrouvé que de rares études qui auraient mis en évidence une relation entre des atteintes de l'audition et la proximité des aéroports, dont une étude taïwanaise, parmi les enfants de deux écoles élémentaires situées dans le couloir aérien de l'aéroport Kaohsiung, pouvant indiquer une plus grande sensibilité des enfants (Chen T. J., 1993)[9]. Cet effet n'a pas été retrouvé en 1995 (Wu et al 1995)[10].

Il reste imparfaitement établi et il est généralement accepté que les conditions d'exposition aux bruits qui conduisent à des lésions auditives sont plutôt celles rencontrées en milieu professionnel (expositions supérieures à 75 dB(A) en L_{Aeq} sur 8h à l'intérieur des locaux pendant la journée de travail) [11] ou en cas d'exposition prolongée à de forts niveaux sonores tels que ceux rencontrés lors de concerts de musique amplifiée par exemple.

Si le niveau de preuve entre des lésions auditives et des traumatismes sonores est suffisant, les niveaux d'exposition susceptibles d'engendrer une perte auditive ne se rencontrent qu'accidentellement dans le voisinage des aéroports.

1.2 - GENE

La gêne constitue un des effets les plus étudiés. C'est une manifestation subjective qui n'est que partiellement traduite par les indices acoustiques qui caractérisent le bruit des avions. De fait, il n'y a pas que l'intensité sonore qui rende compte du caractère gênant d'un bruit, mais également sa répétitivité, sa signature fréquentielle, le moment dans la journée où il survient, son caractère subi, le niveau de bruit de fond préexistant, l'image positive ou non que la personne a de la source.

Les études réalisées autour des grands aéroports internationaux (Franssen, 2006, Haines, 2002)[12] [13] ont montré une corrélation partielle mais constante entre la gêne exprimée par les riverains et leur niveau d'exposition au bruit de l'aéroport. Il existe une association significative entre une augmentation de l'exposition de 10 L_{den} en dB(A) et une augmentation du nombre de personnes exprimant une atteinte à la santé après prise en compte des facteurs de confusion potentiels (OR = 1,21 IC95% [1,02 ; 1,43] Franssen, 2006). La relation est encore plus marquée pour une exposition ≥60 L_{den} en dB(A) (OR= 1,60 IC95% [1,01 ; 2,56]) comparée à une exposition <50 L_{den} en dB(A) Franssen, 2006). Les personnes gênées expriment plus souvent que les populations témoins un sentiment de baisse de la qualité de vie et un état de santé perçu moins bon. C'est en soirée surtout et durant la nuit que la nuisance du bruit des avions est plus directement ressentie comme nuisible. De fait, les indices d'exposition intégrant une pondération jour-nuit ou jour-soirée-nuit ont une meilleure corrélation avec la gêne exprimée.

Dans les années 1970, 60% des résidents vivant à moins d'1,5 km et 33% de ceux vivant à moins de 8 km de l'aéroport Kennedy à New York (aéroport urbain) se plaignaient de nuisances nocturnes (Borsky, 1979)[14]. 30 ans plus tard, malgré une amélioration technique des avions, une étude hollandaise (Franssen, 2004)[15] réalisée sur les populations résidant dans un rayon de 25 kilomètres autour de l'aéroport de Schiphol d'Amsterdam (aéroport situé dans la périphérie d'Amsterdam) en 2004 a confirmé l'impact de l'exposition au bruit des avions sur la santé perçue parmi les riverains. Les personnes exposées au bruit des avions rapportaient plus fréquemment une fatigue et des maux de tête[i].

Autour de Paris Charles-de-Gaulle (Paris-CDG) et Paris-Orly, une étude portant sur la gêne a été réalisée en 1999 parmi quelques 1500 riverains de 36 communes (Vallet et al, 2000)[16]. L'exposition aux nuisances sonores des aéroports a été modélisée et complétée par des mesures acoustiques. Le bruit autour de ces aéroports provoquait une gêne forte (très gênés) chez 18% des interrogés et une gêne assez forte chez 30% des répondants, soit 48% de personnes gênées ou très gênées. Vallet observait une relation peu linéaire de la gêne en fonction du bruit. La gêne moyenne était augmentée au dessus de 56 dB mais peu en dessous de 52 dB. Les répondants étaient 51% à exprimer une difficulté pour suivre une conversation et 30% renonçaient à ouvrir la fenêtre la nuit. Un déménagement était envisagé chez 44% des personnes interrogées. La gêne variait peu selon le sexe, l'âge ou la catégorie socio professionnelle mais le niveau moyen de gêne augmentait avec les représentations négatives liées au bruit des avions, à la présence des aéroports, aux effets des avions sur la santé, à la dépréciation subjective des biens immobiliers. Les auteurs ont conclu que «les corrélations entre les niveaux de

[i] OR compris entre 1.16 à 1.47 pour une augmentation de l'exposition de 10 dB(A) de L_{den}.

bruits calculés et confirmés par les mesures, et les réponses de gêne ou nuisances étaient certes modestes mais significatives».

Cet effet n'a pas toujours été considéré par les gestionnaires et les décideurs comme un problème de santé à part entière.

Le niveau de preuve pour des groupes d'experts de l'OMS est suffisant.

1.3 - MORTALITE

Les données existantes sont, pour le CAREPS, contradictoires et inconstamment ajustées sur des facteurs de confusion connus. Ainsi, en 1979, l'étude autour de l'aéroport de Los Angeles a montré une surmortalité significative, sans ajustement sur l'âge ou l'ethnie (Meecham and Shaw, 1979)[17]. En 1980, une nouvelle étude ne mettait plus en évidence de surmortalité après la prise en compte des facteurs tels l'âge, l'ethnie et le sexe (Frerichs *et al*., 1980)[18].
Les études autour de l'aéroport de Sydney ont trouvé une surmortalité chez les plus de 65 ans et chez les 0-5 ans en 1979 (Environmental Impact Reports, 1979)[19]. En 1990, on retrouve une surmortalité par suicides des 45-64 ans et une surmortalité par accidents mortels et par accidents cardiovasculaires chez les plus de 75 ans (Taylor *et al*., 1990)[20].

Le CAREPS, ayant analysé ces données, suggère que les résultats observés sont plus à rattacher à des facteurs liés à l'âge, au sexe, au niveau socio-économique et à la distribution ethnique.

Cet effet sur la santé n'a pas été repris par les groupes d'experts de l'OMS dans le document des 29 et 30 octobre 2001 sur le niveau de preuve concernant les différents effets sur la santé de l'exposition des riverains au bruit des aéroports.

1.4 – TROUBLES DU SOMMEIL

Les troubles du sommeil constituent un des effets sanitaires les plus étudiés. Les différents troubles relevés peuvent être : un retard à l'endormissement, une augmentation du nombre et de la durée des éveils nocturnes, la réduction de la durée totale du sommeil, des modifications des différentes phases du sommeil avec une diminution du sommeil profond et des phases de sommeil paradoxal. Par ailleurs, les stimuli sonores agissent sur le système nerveux sympathique (fréquence cardiaque et respiratoire, pression artérielle, vasoconstriction)… Enfin, les perturbations du sommeil occasionnées par des bruits survenant la nuit ne sont pas nécessairement perçues par les personnes exposées, en particulier les enfants.

La probabilité qu'un bruit agisse sur l'éveil dépend de l'intervalle qui le sépare du bruit qui l'a précédé (Griefahn et Muzet,1978)[21] et du moment de la nuit où le bruit survient. Ainsi, les bruits intervenant dans le début du sommeil et ceux survenant avant le réveil (en fin de nuit) sont perçus par les populations comme les plus perturbants.

Les travaux de Brink, Wirth et Schierz en Suisse (Euronoise, 2006)[22] autour de l'aéroport de Zurich confirment ces 2 notions. Leur étude a consisté à étudier l'effets des bruits d'avions pré-enregistrés dans les chambres des dormeurs (in situ, durant 90 minutes) soit à l'endormissement, soit en fin de nuit sur le sommeil, l'activité cardiaque et l'activité respiratoire. L'intensité des réactions des dormeurs au bruit décroît très sensiblement au cours des 90 minutes, beaucoup plus le soir que le matin. Ces résultats suggèrent qu'il faudrait un niveau maximum autorisé de bruit moins élevé le matin que le soir. Les auteurs concluent également que ni le Leq ni le Lmax ne peuvent être pris comme seuls indicateurs acoustiques de la qualité du sommeil autour des aéroports.

De même, autour de Schiphol l'auto prescription de sédatifs et de somnifères est associée à une exposition au bruit des avions en soirée après prise en compte des variables de confusion potentielle, [pour une augmentation de 10 dB(A) entre 22 et 23 heures, on note une augmentation de 70% de l'automédication (OR significatif de 1,72 IC95% [1,27 ; 2,32]], à l'heure du coucher. Cet effet n'est plus significatif entre 23h et 7heures [OR=1,20 IC95% [0,87 ; 1,65]] (Franssen, 2006).

Les effets à court terme de la perturbation du sommeil surviennent dès le lendemain : somnolence au travail, à l'école ou au volant, sensation de fatigue, difficultés de concentration, problèmes d'apprentissage et de mémoire, perturbation de l'humeur avec tendance à l'irritabilité et la frustration. Une augmentation du risque d'accidents est également évoquée. Chez l'enfant des déficits de l'attention ou une hyperactivité ont été décrits. A moyen et long terme les troubles du sommeil chez l'enfant se traduisent par une altération des fonctions cognitives et une perturbation du comportement (Ministère de la Santé et des solidarités, 2006)[23].

Un sommeil fragmenté est associé à une perturbation de la sécrétion des hormones de croissance et des hormones du stress et une augmentation de la pression artérielle diastolique.

Autour de Paris-CDG, une perturbation du sommeil a été objectivée chez les riverains avec une prise plus élevée de psychotropes sédatifs (Vallet et Cohen., 2000)[24]. Il convient de mentionner deux autres études réalisées autour de cet aéroport, non encore publiées :

- Les études du laboratoire d'anthropologie appliquée (LAA)[25] sur l'incidence du bruit des avions sur la santé des riverains de l'aéroport Paris-CDG en 2001 et 2002, comparent le recours aux soins et la prescription médicamenteuse des assurés sociaux du régime général de 26 communes exposées à différents niveaux au bruit des avions à ceux d'assurés sociaux équivalents de 26 communes témoins.
- L'étude INSOMNIA[26] a été réalisée en 2004 à l'initiative de deux associations de riverains chez des personnes vivant sous les couloirs aériens. Un questionnaire a été appliqué à 1000 individus de plus de 18 ans (500 dans la zone exposée et 500 dans la zone non exposée), de niveau sociodémographique, culturel et économique comparable pour explorer les troubles du sommeil, la qualité de vie et les troubles anxio-dépressifs.

Un Lnight de 42 dB(A) extérieur et un L_{Amax} 32dB(A) intérieur correspondent aux seuils en deçà duquel aucun effet adverse n'est observé (OMS, 2005).

Des limites d'exposition proposées :

Dans un travail de synthèse du Ministère de la santé, en 1999[27], les auteurs ont montré que la probabilité de réveil augmentait avec le trafic aérien et ont préconisé une limite de 15 à 20 bruits par nuits n'excédant pas 45dB(A) (Lmax) dans la chambre du dormeur si l'on souhaite éviter 90% des réveils.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) a émis des recommandations relatives aux expositions des populations au bruit aérien (avis du 6 mai 2004). Il préconise ainsi :

- pour évaluer et gérer la gêne liée au bruit des infrastructures aéroportuaires, d'utiliser l'indice L_{DEN} et de ne pas dépasser, en façade des habitations, un niveau L_{den} de 60 dB(A), toutes sources confondues;
- pour évaluer et gérer la perturbation du sommeil par le bruit des infrastructures aéroportuaires, d'introduire dans la réglementation un indice événementiel, le L_{Amax} (L_{Aeq} intégré sur une seconde) et de respecter pendant la période 22h-6h en façade des habitations, les critères

suivants, correspondant aux recommandations de l'OMS en prenant en compte un isolement de façade de 25 dB(A) :

- L_{Aeq} < 55 dB(A) (toutes sources confondues)
- moins de 10 évènements sonores, toutes sources confondues, avec un L_{Amax} > 70 dB(A)

Le Conseil a rappelé la nécessité de l'optimisation de l'utilisation du ciel et le la protection au sol. Il a souhaité que soit affinée la connaissance de la situation sanitaire française résultant de l'exposition au bruit d'avions, par la mise en œuvre d'études épidémiologiques en particulier, auprès de populations sensibles telles que les enfants, les travailleurs postés de nuit et les personnes âgées.

Les groupes les plus sensibles aux altérations du sommeil sont : les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes ou péri ménopausée, les personnes souffrant d'insomnie, les travailleurs postés, les personnes à tendance dépressive ou soumises à un haut niveau de stress.

Le niveau de preuve, pour des groupes d'experts de l'OMS, est suffisant. La perturbation du sommeil par le bruit constitue un effet avéré sur la santé.

1.5 - ATTEINTES CARDIO-VASCULAIRES

- A court terme :

Le système cardio-vasculaire réagit aux stimuli sonores par une augmentation de la sécrétion des hormones du stress entraînant une augmentation de la pression artérielle et une accélération transitoire du rythme cardiaque. Il n'existerait pas d'habituation. La nuit, tout stimulus sonore est associé à une réponse constituée par une vasoconstriction périphérique et une augmentation de la pression sanguine même si le sommeil lui même n'est apparemment pas altéré. C'est pourquoi les réveils nocturnes ne constituent qu'un type de réponse induite par une exposition à des nuisances sonores durant la nuit.

- A long terme :

Quelques études se sont intéressées à la relation entre cardiopathies ischémiques (notamment l'infarctus du myocarde) et exposition au bruit des avions (Knipschild, 1977 ; Altena, 1988)[28] [29], alors que la majorité des études ont porté sur l'exposition environnementale chronique au bruit routier et le risque d'infarctus du myocarde. Une méta analyse (Van Kempen, 2002)[30] a montré une augmentation faible mais significative du risque de maladies cardiaques en relation avec l'exposition au bruit des transports. Plus récemment, une étude cas témoin (Willich, 2006)[31] utilisant des cartes de bruit du trafic routier a mis en évidence une association[ii] entre le bruit routier et l'infarctus du myocarde chez les hommes et chez les femmes.

Des équipes tentent de mettre en évidence des courbes dose-réponse. Ainsi Babisch[32], en 2005, a réalisé une méta-analyse à partir d'études sélectionnées sur des critères de qualité pré-définis. Ces résultats, bien que non significatifs, suggèrent la possibilité d'un gradient de risque positif entre l'exposition au bruit et l'IDM.

Le niveau de preuve sur l'impact à long terme du bruit sur les cardiopathies ischémiques est suffisant pour certains (groupe d'experts de l'OMS en 2001, Babisch OMS en 2005). Pour d'autres, la relation dose-réponse fait encore l'objet de discussion et devra être étayée par de nouvelles études.

L'hypertension artérielle (HTA) est le second type d'effet étudié.

[ii] OR ajustés de 1,46 [1,02 – 2,09] chez les hommes et de 3,36 [1,40 – 8,06] chez les femmes p=0,007.

Les études sur le relation entre le bruit et l'HTA ont essentiellement exploré le bruit provenant du trafic routier, sans emphase sur les bruits nocturnes. Autour des aéroports, les études sont plus rares et les résultats sont contradictoires. Le CAREPS rapporte une étude positive chez des enfants autour de l'aéroport de Munich (CAREPS, 2005). En Suède en 2001, une étude autour de l'aéroport Arlanda de Stockholm a montré également un risque accru d'HTA ; une exposition aux bruits des avions supérieure à une énergie moyenne de 55 dB(A) entraîne une augmentation de 60% de la prévalence de l'HTA, après prise en compte de l'âge, le sexe, la consommation de tabac et le niveau d'éducation. Cette augmentation atteint 80% chez ceux qui sont exposés à des bruits d'avions supérieurs à 72 dB(A) (Rosenlund, 2001)[33].

En Suède, une étude a montré une augmentation du risque d'HTA de 40% par intervalle de 5 dB(A) (Bluhm, 2006)[34]. Autour de Schiphol, Franssen trouve une association significative entre l'augmentation de la consommation de médicaments anti-hypertenseurs et une augmentation de 10 dB(A) de L_{den} (OR = 1,30 IC95% [1,06 ; 1,60]. Cet effet n'est plus significatif pour une augmentation de 10dB(A) de $L_{Aeq.\ 23\text{-}07h}$ (OR=1,13 95%IC[0,94 ; 1,35](Franssen, 2006).

Une étude multicentrique sur l'HTA et l'exposition au bruit des riverains d'aéroports, âgés entre 45 et 70 ans, et résidant depuis au moins 5 ans est actuellement en cours (projet Hypertension and Exposure to Noise near Airport : HYENA). Les pays impliqués sont le Royaume Uni, l'Allemagne, la Suède, la Hollande, la Grèce, et l'Italie. Ce projet porte sur 6000 personnes. Le protocole permet de recueillir les variables pouvant interférer dont la mesure de la pollution atmosphérique, l'orientation de la chambre à coucher, l'isolation du logement et les habitudes d'ouverture des fenêtres (Jarup L., 2005)[35].

Le CAREPS invite à interpréter les données des études existantes avec prudence car de nombreuses variables (individuelles ou non) introduisent de la confusion dans les résultats observés.

Les groupes d'experts de l'OMS ne tranchent pas entre un niveau de preuve peu concluant ou suffisant (OMS, 2001).

1.6 - PERFORMANCES SCOLAIRES DES ENFANTS

L'exposition chronique au bruit des avions est associée à une baisse des performances scolaires, avec la mise en évidence d'une relation dose-réponse, notamment en lecture, dans une étude multicentrique intégrant 2 000 enfants de 9 et 10 ans, dans 89 écoles autour de l'aéroport d'Amsterdam, de Madrid et de Londres (RANCH Project)[36]. Dans les 3 pays participant à l'étude, les enfants exposés aux bruits des avions à la maison le sont aussi à l'école et il est difficile de dissocier l'effet propre de chacune des exposition. L'étude met en évidence une relation linéaire significative entre l'augmentation de 5 dB(A) de l'exposition au bruit des avions à la maison et la baisse du score de compréhension de la lecture, après ajustement sur le sexe, l'âge et le pays d'origine, les caractéristiques socio-économiques des familles des enfants, la survenue de bruits aigus durant le test, la gène exprimée et différents tests de mémorisation et de concentration. Des résultats similaires ont été trouvés dans les 3 différents pays en dépit des difficultés à apprécier l'équivalence des tests utilisés. Les auteurs de l'étude soulignent que les effets à longs termes de ces problèmes de compréhension du langage et de l'exposition au bruit ne sont pas connus. Ils précisent en outre que ces problèmes concernent des enfants qui cumulent souvent d'autres difficultés sociales, et qui sont susceptibles pour une grande partie, d'être exposés durant toutes leurs années d'apprentissage.

Cette étude ne met pas en évidence un effet similaire en lien avec le bruit du trafic routier à la différence d'autres études. Plusieurs explications ont été évoquées : un bruit routier plus faible que celui retrouvé dans d'autres études, voire sous-estimé, ainsi que des différences de mesures du bruit routier entre les 3 pays participants. Néanmoins, les auteurs évoquent la différence entre un bruit routier régulier et un

bruit plus fort mais de courte durée qui est susceptible de surprendre et distraire davantage les personnes qui y sont soumises.

Les niveaux de bruits élevés ont des effets plus nocifs chez les enfants qui n'ont pas terminé l'acquisition du langage (OMS, 2005). A Londres, il a été remarqué que les enfants exposés au bruit des avions étaient significativement plus hyperactifs que les non exposés (Haines, 2002).

Le niveau de preuve, pour des groupes d'experts de l'OMS, sur les fonctions cognitives est suffisant (OMS, 2001).

1.7- ATTEINTES PSYCHOLOGIQUES ET PSYCHIATRIQUES DES ADULTES

Stress et troubles anxio-dépressifs :

Le stress est difficile à caractériser. Les réactions au stress sont de plusieurs ordres, psychologiques (sensation de peur, dépression, tristesse), comportementales (agressivité, isolement, augmentation de la consommation d'alcool, de tabac …) et somatiques (digestives, cardio-vasculaires ..). Sur le plan physiologique, l'exposition au bruit entraîne une augmentation de la sécrétion des hormones de stress dont les conséquences à long terme ne sont pas toutes identifiées.

On a pu observer près de certains grands aéroports une augmentation parallèle du bruit et de la prescription des médicaments en rapport avec des affections neuropsychiatriques ou psychosomatiques tels les antiacides à visée digestive, les antidépresseurs et autres psychotropes (Vallet, Cohen, 2000).

Troubles psychiatriques :

Le bruit associé au trafic aérien n'a pas d'incidence directe sur les troubles mentaux de l'adulte mais il semble intensifier le développement de certains troubles latents (CAREPS, 2005). Aussi, l'association entre une perturbation du sommeil (nombre de réveils conscients, mouvements corporels, réveils à l'EEG) et la survenue d'une dépression ou de crises d'angoisse n'est pas démontrée bien qu'il existe certaines évidences sur le lien entre l'insomnie et la dépression.

Le niveau de preuve, pour des groupes d'experts de l'OMS, est insuffisant et non concluant (OMS, 2001).

1.8 - AUTRES EFFETS EN COURS D'INVESTIGATION

- L'exposition au bruit pourrait retentir sur le système immunitaire par l'intermédiaire de la sécrétion de cortisol. Il existe peu d'élément dans la littérature concernant l'impact d'une telle sécrétion sur la santé. A l'heure actuelle il est donc difficile de parler de lien entre le système immunitaire et l'exposition au bruit. Les recherches dans ce domaine doivent toutefois se poursuivre ;
- Il a été évoqué qu'une perturbation du sommeil (sommeil lent) pouvant engendrer une perturbation de la sécrétion de l'hormone de croissance ;
- Des problèmes congénitaux ou l'augmentation du risque de petits poids de naissance ont été occasionnellement évoqués : ces effets ne sont pas confirmés à l'heure actuelle, et le niveau de preuve est jugé insuffisant.

2 - EXPOSITION DES POPULATIONS : CARACTERISATION DE L'EXPOSITION AU BRUIT AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

2.1 – METHODES ACTUELLES D'EVALUATION DES EXPOSITIONS AU BRUIT AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

Différentes méthodes sont utilisées à l'heure actuelle pour essayer d'évaluer les expositions au bruit autour des plateformes aéroportuaires. Il s'agit d'approches qualitatives ou quantitatives résultant de croisement d'informations (survol/population ou perception/population), de mesures sur site et de calculs numériques (cartes de bruit).

Evaluation qualitative

Les populations appréhendent généralement le bruit des avions en termes de couloirs de survol, de nombre et fréquence des mouvements, de temps calme écoulé depuis le dernier bruit d'avion, et seulement après, en terme d'intensité sonore de tel évènement particulier.

Des approches qualitatives de caractérisation de l'exposition au bruit des avions ont été développées sur la base du croisement des données de survols avec les données de population. Une première étude réalisée par l'IAURIF pour le compte de l'ACNUSA en 2003 puis l'utilisation de la méthode MESANGE (Méthode d'Evaluation des Survols d'Avions comme Nuisance ou Gêne Episodique) par l'ACNUSA sur la base des données de mouvements et de trajectoires provenant de la DGAC permettent de disposer depuis 2003 de cartes de survol et des estimations du nombre de personnes survolées à différentes altitudes, du moins pour les trafics générés par les aéroports de Paris-Orly et de Paris-CDG.
La méthode MESANGE permet de calculer l'impact de l'aéronef vers le sol sous un angle de +/- 30° par rapport à la verticale du passage, avec une limitation latérale de la largeur du terrain survolé au dessus de 2 000 mètres. Le croisement des informations permet de calculer les populations survolées en fonction de la hauteur des aéronefs.
Ainsi les données 2005 indiquent (rapport ACNUSA de février 2006 : « estimation des populations survolées en 2005 par les aéronefs à destination ou en provenance de Paris-Orly et Paris-Charles de Gaulle ») qu'environ 2 340 000 franciliens sont concernés par des survols inférieurs à 3 000 mètres d'avions à destination ou en provenance des aéroports de Paris-Orly et Paris-CDG (quelle que soit la configuration de vent), 98 000 le sont à moins de 2 000 mètres et 12 000 à moins de 1 000 mètres (quelle que soit la configuration de vent). Ces calculs ont été menés pour deux journées caractéristiques sélectionnées pour représenter au mieux les conditions de trafic de 2005 et les deux configurations météorologiques face à l'est et face à l'ouest.

Caractérisation par la mesure

De nombreuses mesures de caractérisation du bruit généré par les aéronefs ont été ou sont encore réalisées.

Aéroports de Paris a ainsi développé progressivement et exploite un réseau de mesures constitué à l'heure actuelle de 35 stations fixes destinées à surveiller le bruit à proximité des plateformes de Paris-CDG, de Paris-Orly et plus récemment du Bourget. Des campagnes de mesures temporaires sont par ailleurs réalisées périodiquement autour des plateformes par Aéroports de Paris.

L'objectif premier de ces mesures est de vérifier la cohérence des cartes de bruit calculées (cf. plus loin). Aussi, les stations fixes sont toutes implantées à l'intérieur des contours des zones des plans

d'exposition au bruit (PEB) ou des plans de gêne sonore (PGS). Aéroports de Paris diffuse les informations au public, sous diverses formes :

- Informations sur les niveaux de bruit observés et analysés par bulletins mensuels et sur Internet ;
- Visualisation sécurisée des trajectoires et des niveaux de bruit des aéronefs dans les maisons de l'environnement accessibles aux riverains et au public (système Vitrail).

L'ACNUSA a fait réaliser également un certain nombre de mesures complémentaires afin de disposer d'une base de données de situations d'exposition au bruit des aéronefs, de valider les bien-fondés des recommandations effectuées et de préconiser des recommandations supplémentaires, de façon à progresser dans la prise en considération de la nuisance sonore aéroportuaire. Un certain nombre de sites situés en dehors de la riveraineté proche des plateformes ont notamment été documentés de manière à appréhender la réalité de l'impact acoustique des aéronefs sur de tels sites.

D'autres mesures sont effectuées autour des plateformes aéroportuaires à la demande de collectivités locales, d'associations de défense des riverains ou dans le cadre d'études spécifiques réalisées par des organismes de recherche, des laboratoires ou des observatoires (exemple : campagne de mesures à l'extérieur de la limite de zone 3 du PGS d'Orly coordonnée par l'ODES94 et financée par le Conseil Général du Val de Marne).

La mise en cohérence de toutes les données de mesure à court terme qui ont eu lieu autour des plateformes aéroportuaires d'Ile-de-France est un exercice délicat compte tenu du fait que les données se trouvent éparpillées au sein d'organismes multiples, que les mesures ont été réalisées en suivant des protocoles différents (faute de normalisation actuelle pour la mesure du bruit des aéronefs), que les périodes de mesure ne sont pas les mêmes, que les indicateurs utilisés pour l'analyse sont souvent différents… Aussi, il n'existe pas à ce jour de base de données harmonisée des mesures réalisées autour des plateformes aéroportuaires. Il faut néanmoins souligner l'important travail de synthèse d'ores et déjà mené par le centre d'information et de documentation sur le bruit (CIDB) pour tenter de dresser un état des lieux de l'impact sonore de l'activité aéroportuaire d'Orly. Cette étude intitulée « Etat des lieux de l'impact sonore de l'activité aéroportuaire d'Orly 2004-2005 » a été produite en 2005 pour le compte du Conseil Général du Val de Marne, afin d'alimenter les débats des Assises pour le développement de la plateforme aéroportuaire d'Orly, organisées conjointement par les Conseils généraux de l'Essonne et du Val de Marne.

Pour tenter de fournir un cadre à la réalisation des mesures de caractérisation du bruit des aéronefs, l'ACNUSA a édité en 2004 un « Protocole de caractérisation et mesurage du bruit d'aéronefs dans l'environnement » qui sert désormais de recommandation vis-à-vis de la réalisation des mesures du bruit des aéronefs. La représentativité des résultats des mesures de courtes durées (quelques jours) est fortement dépendante de la configuration météorologique de la période de mesure. Une attention toute particulière doit être portée notamment à la direction du vent qui influe fortement sur les conditions de trafic des aéronefs et l'utilisation des différents seuils de piste. La mesure du bruit des aéronefs en un point donné est donc très différente entre les deux configurations (vent d'est / vent d'ouest).

Evaluation par la modélisation (calcul numérique)

Il existe trois types de cartographie calculée représentant l'impact du bruit des aéronefs :

- Les courbes d'environnement sonores.
- Les plans d'exposition au bruit PEB (cartes arrêtées) ;
- Les plans de gêne sonore PGS (cartes arrêtées) ;

Ces cartes sont produites par les services de l'Etat avec l'appui technique d'Aéroports de Paris.

Elles représentent toutes désormais les niveaux de bruit à l'aide de l'indicateur réglementaire Lden (cf. glossaire).

Les courbes de l'environnement sonore sont établies chaque année par ADP à partir du trafic réellement constaté l'année précédente. Ces courbes ont une valeur purement informative. Elles couvrent des zones plus larges que les courbes extérieures du PEB et du PGS. Elles sont de plus mises à la disposition du public, des riverains, des municipalités et des associations, pour les aéroports de Paris-CDG et Paris-Orly.

Les PEB ont pour objectif de limiter l'urbanisation et de ne pas augmenter les populations soumises aux nuisances de la plateforme aéroportuaire. Ils anticipent les prévisions de développement de l'activité aérienne, l'extension des infrastructures et les évolutions des procédures de circulation aérienne (scénarii d'évolution de trafic et de composition de flotte à court, moyen et long terme).
Les PEB sont préparés par une procédure spécifique d'enquête publique après avis des communes concernées, de la commission consultative, de l'ACNUSA et accord des ministres. Les PEB sont approuvés par arrêté préfectoral. L'ACNUSA peut recommander leur révision. Ils sont annexés et transcrits dans le plan d'occupation des sols et autres documents d'urbanisme (PLU notamment).

Le projet de nouveau PEB de Paris-CDG a été soumis récemment à enquête publique.

Les PGS ont été élaborés pour certains aéroports (aéroports qui comptent plus de 20 000 mouvements d'avions de plus de 20 tonnes) afin de déterminer les ayants droits à l'insonorisation de leur logement. Les plateformes aéroportuaires possédant un PGS en Ile de France sont Paris-Charles de Gaulle et Paris-Orly. Les PGS en vigueur datent de 2004 pour Paris-CDG et Paris-Orly. Ils sont établis sur la base du trafic estimé, des procédures de circulation aérienne applicables et des infrastructures qui seront en service dans l'année suivant la date de publication de l'arrêté approuvant le plan.

Le plan est élaboré sous l'autorité du préfet, soumis pour avis aux conseils municipaux des communes concernées, à la commission d'aide aux riverains et à l'ACNUSA. Il est révisé sur l'initiative du préfet ou à la demande de l'ACNUSA. Un PGS comporte un rapport et une carte au 1/25000. Cette carte comporte trois zones :

zone I, dite de gêne très forte limitée par la courbe d'indice L_{den} 70 ;
zone II, dite de gêne forte entre les courbes L_{den} 70 et L_{den} 65 ;
zone III, dite de gêne modérée entre les courbes L_{den} 65 et L_{den} 55.

L'exposition au bruit des avions peut être ainsi appréciée par le nombre de personnes comprises au sein des zones du PGS. Pour Paris-Orly, la population concernée par le PGS est estimée à 109 000 habitants, Pour Paris-CDG, elle s'élève à 171 000 habitants.

Un nouveau contexte réglementaire européen (Directive Européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement et sa transposition en droit français) impose de surcroît aux communes ou EPCIs des agglomérations de plus de 100 000 habitants de produire et publier, notamment, des cartes du bruit calculées des aéronefs (année la plus récente et état projeté).

En Ile-de-France, l'agglomération parisienne dans son ensemble est concernée. Ainsi, les communes ou EPCIs ayant compétence en matière de lutte contre le bruit qui composent l'agglomération parisienne ont la possibilité, si elles veulent aller au-delà des courbes d'environnement sonore et des PEB déjà publiés, de réaliser ou de faire réaliser des cartes du bruit des aéronefs sur leur territoire et de

les publier via internet avant le 30 juin 2007. Ces cartes ne seront néanmoins pas opposables. Elles doivent être réexaminées a minima tous les 5 ans. Les indicateurs réglementaires qui doivent être utilisés au minimum sont le Lden et le Lnight (LAeq 6h-22h). Ce dernier indicateur n'est pas représenté actuellement par les cartes réglementaires PEB et PGS. De plus, les plages de représentation des niveaux de bruit doivent être fournies par pas de 5 dB(A) à partir de 55 dB(A) pour le Lden et de 50 dB(A) pour le Lnight. Un décompte des populations et des bâtiments sensibles situés au sein des différentes plages de bruit doit être produit.

Autres approches

Des approches complémentaires basées sur des indicateurs non acoustiques sont également utilisées pour tenter de mieux comprendre et expliquer la gêne des populations soumises au bruit des avions comme :

- l'utilisation d'indicateurs non-acoustiques comme le pourcentage de personnes gênées « annoyed » ou très gênées « highly annoyed » (Miedema).
- les approches développées par les disciplines des sciences humaines et sociales : indices de qualité de vie, d'ambiances sonores et évaluation participative, dispositifs méthodologiques et indicateurs de la géographie sociale (cf. travaux menés notamment par G. Faburel, Maître de conférences, Laboratoire CRETEIL, Institut d'Urbanisme de Paris-Université de Paris XII).

2.2 – PRINCIPAUX CONSTATS SUR LA CARACTERISATION DE L'EXPOSITION AU BRUIT

Malgré les nombreux efforts réalisés par Aéroports de Paris, par les services de l'Etat pour produire et diffuser des évaluations de l'exposition au bruit, force est de constater que les méthodes d'évaluation actuelles ne satisfont pas les attentes de la population et ne permettent d'expliquer que partiellement la gêne exprimée :

- Les indicateurs énergétiques d'exposition utilisés pour produire les cartographies ou adoptés pour exploiter les mesures restent insuffisants pour rendre compte de la gêne des populations, et cela, malgré la généralisation de l'indicateur Lden qui accorde un poids plus important aux bruits survenant en soirée (+5 dB(A)) et dans la nuit (+10 dB(A)).

- Les populations réclament davantage d'informations sur les émergences, caractéristiques de la modification de l'environnement sonore au passage de l'aéronef, et sur le nombre d'évènements. Aussi, le recours généralisé à des indicateurs événementiels comme ceux préconisés par l'ACNUSA (LAmax, NA(seuil)) dans son rapport d'activités 2005 ou à des indicateurs d'émergence (comme ceux actuellement expérimentés par J. Beaumont, INRETS) semble être une voie à privilégier en complément de la diffusion des indicateurs énergétiques.

- La prise en compte des nuisances provenant de sources de bruit différentes (avions et trains, avions et routes, avions et activités associées à la plateforme aéroportuaire : essais moteurs…) est insuffisamment réalisée. Ces situations sont très peu (voire pas) décrites à l'heure actuelle. L'évaluation sectorisée du bruit généré par chaque type de sources élude le problème de l'analyse de l'impact sonore environnemental global.

- Les mesures effectuées sont généralement réalisées à l'extérieur des habitations, ce qui ne permet pas d'appréhender la réelle exposition des populations à l'intérieur des logements notamment la nuit. Ainsi, une information qualitative et quantitative sur la performance d'isolation acoustique du bâti permettrait d'appréhender de manière plus directe la potentialité de fréquence de réveil, de trouble du sommeil et de perte d'attention (croisement d'information

entre les indicateurs de bruit et la performance acoustique du bâti). Ces données sur le bâti pourraient être récoltées pour chaque nouvelle mesure effectuée, comme cela est effectué dans le cadre de l'instruction des demandes d'aide à l'insonorisation des riverains au sein des PGS.

Afin de progresser sur ces questions, une campagne de mesure est en cours de réalisation par Bruitparif sur l'ensemble de l'Ile-de-France. 250 sites ont été sélectionnés en Ile-de-France avec une approche équilibrée entre les différents départements afin de documenter diverses typologies d'exposition au bruit (notamment les contextes de multi exposition). Parmi ces 250 sites, une quarantaine d'emplacements ont été retenus pour faire l'objet d'une caractérisation du bruit des aéronefs (source dominante) et une autre quarantaine d'autres sont situés dans des contextes de multi expositions dans des zones survolées.

Il subsiste au vu des diverses réunions publiques où il est question de bruit des aéronefs, un problème de communication. La méfiance des riverains est ressentie sur :

- les courbes calculées, notamment vis-à-vis des données de trafic et des trajectoires prises en compte. Le reproche généralement fait est que les calculs effectués sont basés sur une situation théorique (moyenne annuelle) et qu'ils ne tiennent pas compte de la dispersion réelle des trajectoires. Dans ce sens, les riverains réclament davantage de transparence de la part des gestionnaires du trafic aérien sur les données réelles des trajectoires des avions, sur les données de flotte d'avions. Un effort particulier qui pourrait être réalisé est d'améliorer la diffusion et la transparence relative aux données de survols, d'améliorer l'accessibilité aux systèmes de visualisation des trajectoires et de bruit associé de type VITRAIL, de publier les trajectoires de manière plus complètes.

- les éléments communiqués (mesures et cartes) dans la mesure où ils émanent des gestionnaires du trafic aérien, et ce, malgré la création de l'ACNUSA. Les riverains réclament des éléments de caractérisation provenant d'organismes indépendants. La création de Bruitparif d'une part et l'obligation de publication par les collectivités locales de l'agglomération parisienne de cartographie du bruit (dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne) d'autre part devrait permettre d'améliorer ce point. A terme, Bruitparif entend ainsi développer un réseau de mesure permanent du bruit dans l'environnement constitué de l'exploitation de stations fixes long terme et de la conduite de campagnes de mesures temporaires ou périodiques. L'ensemble des données mesurées sera mise à disposition du public via le site internet de l'association.

- les dispositifs réglementaires et leurs indicateurs associés (PEB et PGS notamment) dans la prise en compte de la gêne subie. Ces outils ne permettent pas en effet de répondre aux attentes directes des riverains directement impactés qui se sentent délaissés dans les décisions publiques des politiques et institutionnels et ne traduisent pas leur gêne. Un dispositif à la dimension des attentes des riverains permettrait un dialogue plus constructif (organisation de réunions publiques, utilisation réglementée et obligatoire de la mesure et de l'analyse avec les préconisations de l'ACNUSA, diffusion large au public…). Les efforts effectués par les pouvoirs publics et les institutionnels devraient être mis en avant de manière plus importante afin de mettre des informations chiffrées (coûts, durée…) en parallèle avec l'attente des riverains.
- En particulier, il existe une forte attente des riverains des aéroports de Paris-Charles-de-Gaulle et Paris-Le Bourget, impactés par les survols d'aéronefs provenant ou allant vers ces deux plateformes, mais dont l'exposition au bruit est prise en compte séparément par deux PEB (le

PEB du Bourget est actuellement en cours de réalisation). Il serait donc souhaitable de pouvoir appréhender le cas spécifique de la double exposition aux nuisances sonores de Paris-Charles-de-Gaulle et Paris-Le Bourget grâce à des plans communs.

Enfin il faut souligner que sans accompagnement technique, les informations communiquées (notamment les indicateurs utilisés) sont difficiles à appréhender ou sont mal comprises. Des efforts en termes d'animation de réunions publiques à destination des riverains, de mise en place de davantage d'espaces de médiation permettraient une meilleure compréhension des phénomènes par les riverains.

Le descriptif concernant les indicateurs d'exposition au bruit et les différentes méthodes sur lesquelles reposent leurs constructions est résumé dans le tableau n°2 ci-dessous :

Tableau 1 : Bruit - Indicateurs d'exposition

Indicateurs	Méthodes : résultats	Partenaires /organismes	Commentaires
Données réelles de survols	Description cartographique et statistique des survols : - Carte des flux de trajectoires pour différentes configurations météorologiques - Cartes de survol et estimation du nombre de personnes survolées à différentes altitudes - Cartographie des couloirs de survol avec caractéristiques associées en terme de nombre et fréquences des mouvements, variabilité en fonction des jours, altitude des survols, distribution des survols au cours de la journée, temps écoulé entre deux survols, caractéristiques de la flotte d'avions	 DGAC Rapport ACNUSA / DGAC DGAC	Données indispensables Données disponibles Données disponibles Données non publiées de manière systématique à l'heure actuelle, répondraient à une attente forte des populations riveraines *(le déficit d'informations à ce sujet nourrit la gêne…).* Cf. expérience aéroport de Sydney
Indicateurs énergétiques : Niveau d'exposition au bruit selon les indicateurs Lden et Ln et par source de bruit : - Routier - Ferroviaire - Industriel - Aérien pour une situation de référence récente et une situation prévisionnelle	Cartographie Stratégique du Bruit requise par la directive 2002/CE/49 au niveau de l'agglomération parisienne et aux alentours des grandes infrastructures de transport au sein du territoire francilien : - courbes isophones par pas de 5 dB(A) pour chaque type de source de bruit - nombre de personnes et de bâtiments sensibles par tranche de niveau sonore en Lden et Ln et par type de source - identification des zones où valeurs limites sont dépassées	Collectivités territoriales pour CSB de l'agglomération parisienne et Préfets de départements/services de l'Etat pour les grandes infrastructures	L'échéance réglementaire de publication des cartes est le 30/06/2007. Néanmoins, il est probable que celles-ci ne soient disponibles dans une version consolidée qu'en 2008. Pour ce qui est des cartes Lden et Ln du bruit du trafic aérien de CDG, Orly et le Bourget, celles-ci sont d'ores et déjà disponibles auprès d'ADP et de la DGAC pour ce qui est de la situation de référence (il s'agit des courbes d'environnement sonore) et de la situation prévisionnelle (avant projet de PEB sur CDG, PEB en vigueur d'Orly, projet pour Le Bourget)
Indicateurs évènementiels : LAmax(1s), nombre d'évènements dépassant un seuil	Mesures avec codage d'événement aéroportuaire : - stations fixes réseau de mesure AdP - réseau surveillance Bruitparif (en	Bruitparif, ACNUSA, ADP avec données DGAC AdP Bruitparif	Indicateurs indispensables pour mieux rendre compte de la gêne ressentie par les riverains, permet de caractériser le nombre d'émergences et la

NA(seuil) Temps cumulé au-dessus des seuils TA(seuil) t ce pour les différentes périodes de la journée (jour, soirée, nuit)	développement sur 2007-2010) - campagnes de mesure périodiques sur un panel de sites sélectionnés (périodicité et nombre de sites à définir)	Bruitparif, ACNUSA, AdP	fréquence d'exposition notamment nocturne
Carte de bruit dynamique au survol d'un aéronef	Calcul dynamique		Optionnel : intérêt surtout pédagogique qui permet d'améliorer la compréhension des phénomènes par le public et qui participe de l'effort de transparence de l'information
Performances acoustiques des habitations	Relevés in situ, enquêtes téléphoniques, retours des statistiques de l'aide à l'insonorisation des logements au sein des PGS		

CHAPITRE 2 IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1 - ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE RESULTANT DE L'ACTIVITE AEROPORTUAIRE

INTRODUCTION

Par pollution atmosphérique on entend « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine… » (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996). On distingue généralement la pollution atmosphérique urbaine, la pollution à l'intérieur des locaux et la pollution d'origine industrielle.

Une synthèse des principaux effets sanitaires de la pollution atmosphérique a été publiée par le Haut Comité de la santé publique en juin 2000[37]. De nombreux autres documents émanant d'organismes chargés de la veille et/ou de la sécurité sanitaire, ORS Ile-de-France, InVS (revue Extrapol), AFSSET, OMS[38],ont également décrit les principaux effets sanitaires des pollutions atmosphériques.

La problématique spécifique aux zones aéroportuaires a été détaillée dans le rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France « Qualité de l'air et aéroports»[39] en 2006. Ce rapport analyse notamment les travaux menés par l'Institut néerlandais de santé publique et environnement (RIVM) autour de l'aéroport de Schiphol à Amsterdam.

Dans le cas de plateformes aéroportuaires franciliennes, l'exposition des populations résulte de l'activité propre à l'aéroport au sol et du trafic des avions, de la pollution induite par les infrastructures de transport et de la pollution urbaine de l'agglomération parisienne proche. La question de l'exposition à l'intérieur des locaux doit également être discutée du fait de l'insonorisation renforcée des locaux, qui peut dans certains cas entraîner une moindre ventilation de ces locaux, s'accompagnant d'une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

En ce qui concerne les effets sanitaires des pollutions atmosphériques, on distingue usuellement deux types d'effets :

- les effets à court terme, qui regroupent les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours, semaines) suite aux variations des niveaux ambiants de la pollution atmosphérique,
- les effets à long terme, qui regroupent au contraire les affections ou pathologies survenant après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique ambiante, avec éventuellement un délai de latence important entre l'exposition et l'apparition de la maladie.

La cohérence des résultats obtenus dans les différentes études épidémiologiques, les données biologiques et toxicologiques permettant de proposer des mécanismes d'action des polluants sur la santé (plausibilité biologique) et les bénéfices sanitaires observés lors de réductions des niveaux de pollution atmosphérique urbaine constituent ainsi aujourd'hui un faisceau de preuves en faveur de l'existence d'une relation causale entre l'exposition à la pollution atmosphérique et la santé. Des groupes de population sensibles ont été identifiés et les aspects psychosociologiques ont également fait l'objet de travaux.

Il n'est cependant pas pertinent d'appliquer les relations doses-réponses concernant la pollution atmosphérique urbaine à des zones aéroportuaires. En effet, ces relations sont valables dans des zones où les polluants sont identiques à ceux d'une zone urbaine et où l'exposition est homogène. Or, dans le cas des zones aéroportuaires, on suspecte la présence de polluants spécifiques.
Autour de l'aéroport de Schiphol, lors d'une enquête par questionnaire, une association significative avec la distance du lieu de résidence à l'aéroport a été trouvée pour : un ou plusieurs symptômes respiratoires, l'existence d'une toux chronique et d'une bronchite, un traitement médical pour allergies, la prise de médicaments pour allergies ou asthme. Cependant le niveau d'exposition à la pollution atmosphérique n'était pas renseigné[39].

1.1 - EFFETS A COURT TERME DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Pathologies respiratoires et cardiovasculaires

Les effets aigus, associés à la pollution atmosphérique urbaine, ont été étudiés. Ils peuvent se traduire par des augmentations de la mortalité cardio-respiratoire, mais également par des manifestations de gravité variable affectant les systèmes respiratoires et cardio-vasculaires (crises d'asthme, troubles du rythme cardiaque…) faisant suite à des augmentations des niveaux journaliers de pollution atmosphérique. Ils sont étudiés au moyen de différents indicateurs : mesures de la fonction pulmonaire, consommation de médicaments, recours aux consultations médicales, visite aux urgences, hospitalisations mortalité… On peut ainsi rapporter une surmortalité éventuelle à l'augmentation des niveaux journaliers de pollution atmosphérique.

En Ile-de-France, l'ORS conduit depuis 1990 l'étude épidémiologique ERPURS, portant sur les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique urbaine à Paris et en proche couronne : cette étude montre des liens significatifs entre la plupart des indicateurs de pollution et les variables sanitaires étudiées. Ainsi, lorsque l'on passe d'un niveau de polluant de base (niveau non dépassé au cours des 18 jours les moins pollués de l'année), à un niveau médian on observe des augmentations:

- En rapport avec le dioxyde d'azote pouvant aller jusqu'à :

  7,9 % pour les hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans[40]
  1,8 % pour les hospitalisations pour causes respiratoire des plus de 15 ans[41]
  3,3 % pour les hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire[40]

- En rapport avec la pollution particulaire pouvant aller jusqu'à :

  5,1 % pour les hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans (PM13)[40]
  4,7 % pour la mortalité pour causes respiratoires, (PM13)[40]
  3,8% pour les appels à SOS - médecins pour symptômes respiratoires, (PM2,5)[41,42]
  1,6 % pour les hospitalisations pour causes respiratoire des plus de 15 ans (PM10)[43]

Ainsi, en dehors même de tout épisode exceptionnel de pollution atmosphérique urbaine, il existe, à l'échelle de la population, des liens à court terme significatifs entre les niveaux de pollution atmosphérique et la santé en Ile-de-France.

Différentes études ont permis de proposer des mécanismes pour les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Il semble qu'ils fassent notamment intervenir les mécanismes inflammatoires, les mécanismes de stress oxydatif, et les mécanismes de réponse allergique[44,45].

Asthme

En France, des études de panel[46] ont montré que la pollution atmosphérique constitue un facteur déclenchant de crises d'asthme et de symptômes respiratoires chez des patients asthmatiques. Ainsi, une étude[47] menée à Paris, chez des patients asthmatiques suivis en milieu hospitalier montre l'existence d'un lien à court terme entre des niveaux moyens de pollution hivernale et l'apparition et la durée des symptômes, tant chez les adultes que chez les enfants. Pour un accroissement de 50 µg/m3 de SO_2 ou de particules, cette étude montre une augmentation d'environ 30 % de la fréquence des crises d'asthme ; de 35 à 70% des sifflements ; de 35 à 60% de l'incidence de la toux nocturne ; de 33 à 55 % de la gêne respiratoire.

Des données de prévalence ont été collectées ponctuellement dans des zones géographiques restreintes[48] . A Paris, en 2001, un dépistage de l'asthme[49] à visée de prise en charge chez des jeunes de 0 à 15 ans soumis à une pollution de proximité par des locomotives diesel a été réalisé. Cette action a permis de confirmer qu'une proportion importante d'enfants est non ou insuffisamment traitée parmi les jeunes asthmatiques dépistés.

Effets des pollutions atmosphériques sur l'allergie et l'inflammation

Le rôle facilitateur de la pollution chimique sur l'expression des manifestations allergiques chez des sujets prédisposés est encore à évaluer[50]. A titre d'exemple, les travaux expérimentaux, réalisés chez l'animal et chez l'homme, suggèrent que les particules diesel, contrairement aux particules inertes de carbone, pourraient potentialiser voire initier la réaction allergique. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, constituants des particules diesel pourraient représenter le vecteur de cette action.
Le rôle potentialisateur de l'ozone vis-à-vis des pollens pour le déclenchement de réactions allergiques est également suspecté. Par ailleurs, certains polluants ont été mis en relation avec une expression augmentée de l'inflammation nasale et bronchique indépendamment de la réponse de type allergique[51].

1.2 - EFFETS A LONG TERME DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

La relation causale entre pollution atmosphérique et développement de la maladie asthmatique reste à établir. Deux études internationales ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood, enfants âgés de 13 et 14 ans, 1995-1996) et ECRHS (European Community Respiratory Health Survey, adultes de 20 à 45 ans) ont comparé la prévalence de l'asthme et des allergies au niveau international et européen[52]. En France, ces études vont permettre d'étudier le rôle de la pollution atmosphérique dans le développement de l'asthme et des autres allergies[53,54,55].

Les études disponibles au niveau international mettent en évidence des augmentations du risque de développer une maladie cardio-pulmonaire (infarctus du myocarde, broncho-pneumopathie chronique obstructive, asthme...) ou un cancer du poumon et de décéder des suites de ces maladies à la suite d'une exposition à long terme à la pollution atmosphérique.

Ainsi, pour ce qui concerne la mortalité, huit études de cohorte ont porté sur les effets à long terme de la pollution atmosphérique, dont trois ont été réalisées aux Etats-Unis. L'étude des six villes[56] et celle de l'American Cancer Society[57] ont montré de façon consistante et robuste un risque de décès accru en population générale chez les sujets exposés aux concentrations les plus élevées en particules fines. Une troisième étude, réalisée dans la communauté des Adventistes du 7ème jour en Californie[58,59] a

également montré un risque accru de mortalité toutes causes. Enfin, une étude réalisée sur une cohorte de vétérans montre des liens entre la proximité au trafic et la mortalité[60].

En Europe, trois études menées aux Pays Bas, en Norvège et en Allemagne viennent conforter ces résultats puisque des associations du même type ont été observées[61,62,63]. En France, l'étude PAARC[64,65] a également conclu que l'exposition à la pollution atmosphérique urbaine dans les années 70 était significativement associée à la mortalité toutes causes dans les 25 ans qui suivaient, une tendance similaire non significative étant retrouvée pour les décès par cancer du poumon et pour cause cardiovasculaire.

Des études ont également montré des liens entre l'exposition chronique à la pollution atmosphérique et la progression de l'athérosclérose[66], ou le développement de broncho-pneumopathies chroniques obstructives. Chez les enfants, plusieurs études montrent des effets de l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique sur le développement pulmonaire[67,68,69].

Dans toutes ces études, le fait que l'exposition au facteur causal remonte généralement à plusieurs d'années ne facilite pas son identification, surtout lorsque des mesures de pollution n'étaient pas effectuées dans les lieux avant la mise en place des études. Par ailleurs, le poids sur les pathologies concernées d'autres facteurs (tels que tabac, alcool, etc.) est tel que le petit surplus de risque induit par la pollution est complexe à mettre en évidence[70].

Enfin, l'exposition chronique à la pollution atmosphérique pendant la grossesse est susceptible d'entraîner des retards de la croissance intra-utérine et des naissances prématurées[71].

Cancers (polluants spécifiques)

Les effets ont été mis en évidence suite à des études toxicologiques ou épidémiologiques.
Les études toxicologiques évaluent individuellement le pouvoir cancérigène d'un polluant spécifique. Les études épidémiologiques permettent d'étudier les liens entre l'exposition à un agent et la survenue de cancers, voire d'en déduire des relations dose-réponse qui sont ensuite utilisées dans les évaluations de risques.
De nombreuses substances pouvant être présentes dans l'air sont concernées et certaines ont été classées dans le groupe 1 (agent cancérigène pour l'Homme) du Centre International de Recherche sur le Cancer (benzène, formaldéhyde, amiante…).

A ce jour les études disponibles n'ont pas montré de relation entre la proximité d'un aéroport et un excès de risque de cancer. On ne peut toutefois exclure qu'il existe des polluants spécifiques de la zone aéroportuaire qui n'auraient pas encore été mis en évidence et qui seraient susceptibles d'être cancérigènes[39,72].

Autres

Des études épidémiologiques conduites auprès des personnels au sol des aéroports ont suggéré des effets respiratoires, neurologiques, génotoxiques et reprotoxiques mais, en l'état actuel des connaissances, leurs résultats ne peuvent être extrapolés aux populations riveraines des aéroports[39,72].

1.3 - GROUPES SENSIBLES ET VULNERABILITE

Des groupes de population sont qualifiés de sensibles en raison de facteurs physiologiques (jeunes enfants) ou pathologiques (asthmatiques, bronchitiques chroniques, sujets diabétiques ou présentant des troubles cardiaques)[73].

Des études suggèrent que les inégalités socio-économiques accroissent la vulnérabilité. Par exemple, les personnes plus sensibles aux effets aigus de la pollution atmosphérique urbaine sont ceux qui ne sont pas protégés par un traitement de fond (accès au soin, problème d'accessibilité culturelle ...). Enfin, il existe également des disparités d'exposition selon le niveau socio-économique.

1.4 - APPROCHE PSYCHOSOCIOLOGIQUE

Des études ont appréhendé les liens complexes entre notion de santé, notion de bien-être et les pollutions atmosphériques perçues. La variabilité observée dépend de nombreux facteurs : stress, pollution subie, catégorie socio-économique.
Au voisinage des zones aéroportuaires, la crainte de catastrophes aériennes s'ajoute aux nuisances perçues (odeur du kérosène, dépôts de suies). L'enquête conduite en 1996 autour de l'aéroport de Schiphol a montré qu'environ 20 % des personnes résidant dans un rayon de 10 km autour de la plateforme étaient sérieusement gênées par les odeurs des avions, les poussières, suies ou fumées[39].
Autour de l'aéroport de Paris Charles-de-Gaulle et autour de l'aéroport de Paris-Orly des études[74,75] ont permis de connaître le ressenti et le comportement des populations riveraines (dépréciation immobilière, mobilité résidentielle). Ces études se sont intéressées davantage au bruit, néanmoins les personnes riveraines des plateformes aéroportuaires considèrent que leur qualité de vie est dégradée.

2 - EXPOSITION DES POPULATIONS : CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS ET AUTOUR DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

Le rapport du groupe Air et transports du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France « Qualité de l'air et aéroports »[39] synthétise les travaux de caractérisation de la qualité de l'air à proximité des plateformes aéroportuaires et notamment les campagnes de mesure menées par AIRPARIF autour des plateformes aéroportuaires franciliennes :

2.1 – CAMPAGNES DE MESURES

Les campagnes de mesure menées par AIRPARIF[76,77] autour des plateformes aéroportuaires franciliennes ont mis en évidence la forte influence de l'agglomération parisienne sur les niveaux de pollution (jusqu'à 50 km du centre de Paris), à laquelle s'ajoute localement un surplus de pollution en lien avec des sources d'émission locales importantes : réseau routier, secteurs industriels ou encore plateformes aéroportuaires. Ainsi, pour le dioxyde d'azote, l'impact ponctuel des activités aéroportuaires se traduit par un surcroît notable et identifiable de pollution chronique sur certains secteurs placés sous le vent des aéroports, jusqu'à une distance de quelques kilomètres (1 à 3 km dans le cas de Paris Charles-de-Gaulle).

Depuis, une étude sur les suies[78] a été publiée. Cette étude a été menée pour voir s'il existe un lien entre l'importance et la nature des salissures observées et la proximité d'un trafic aérien notable. Les mesures ont été réalisées sur 6 sites de mesures : 2 sites dans des secteurs résidentiels en proximité immédiate des grandes plateformes aéroportuaires, représentatifs de l'exposition des populations

riveraines (à Gonesse (95) sous l'axe de décollage des avions et à environ 5 km de l'aéroport de Paris Charles-de-Gaulle et à Paray-Vieille-Poste (91) à proximité immédiate de l'aéroport d'Orly) et 4 sites « témoins » (Paris Les Halles (1er arrondissement de Paris), Bobigny (93), située en proche couronne parisienne, Issy-les-Moulineaux (92), caractérisant la très proche couronne, un site rural en limite du massif forestier de Fontainebleau (77)).
Une année entière d'échantillons de verres à vitres exposés aux quatre coins de l'Ile-de-France met en évidence des salissures sur tous les sites étudiés et permet de pointer la diversité des sources de particules à l'origine du phénomène, sans pouvoir vraiment départager le trafic routier du trafic aérien.
Il a, en effet, été trouvé une omniprésence des dépôts dans toute l'Ile-de-France avec une différence plus de quantité que de composition entre les suies des villes et les suies des campagnes. On relève une quantité de dépôt sur les verres sensiblement équivalente sur les sites urbains de la Petite Couronne (Issy-les-Moulineaux, Bobigny et le site péri aéroportuaire de Paray-Vieille-Poste). Le site de Gonesse présente un dépôt de particules plus important qui ne peut s'expliquer uniquement par sa position par rapport à l'agglomération. Les verres exposés sur le site de Fontainebleau, plus éloigné de l'agglomération, présentent un dépôt nettement moindre, bien que visuellement perceptible. Ces éléments confirment l'impression générale d'une forte salissure extérieure des objets dans l'agglomération.
Les différentes espèces identifiées sont assez uniformes entre les sites et révèlent la diversité des sources de pollution de l'agglomération parisienne (majorité de particules terrigènes, biogéniques et de sels, rares débris métalliques, cendres volantes, suies). Toutefois, le site de Fontainebleau, situé en bordure d'un massif forestier, présente un dépôt d'origine essentiellement biogénique (spores, pollens, algues, lichens, débris d'insectes,…). La majoration du dépôt sur le site de Gonesse s'explique essentiellement par une quantité plus importante de sels sur ce site, dont la source n'a pas été clairement identifiée. Les teneurs en carbone suie, principal traceur des activités humaines, sont sensiblement équivalentes sur l'ensemble des sites urbains et périurbains et aucune majoration spécifique n'est observée sur les sites proches des aéroports. De plus, les suies produites par la combustion du kérosène et des carburants automobiles sont très similaires.

2.2 – EMISSIONS DE POLLUANTS

Une autre source d'information sur les polluants atmosphériques est le cadastre des émissions en proximité aéroportuaire, qui donne des informations précieuses sur les sources de pollution. Les activités aéroportuaires regroupent trois grands types de sources émettrices de pollution : des sources tridimensionnelles qui correspondent aux mouvements des avions, des sources fixes ponctuelles (comme les centrales thermiques) ou plus diffuses (par exemple, le stockage d'hydrocarbures) et enfin, des sources mobiles telles que les véhicules particuliers, les véhicules de transport en commun et les engins spéciaux utilisés sur les zones aéroportuaires.

Sources tridimentionnelles

Les émissions dues aux mouvements des avions s'apparentent à des sources linéaires dans les trois dimensions de l'espace, fonction de leur trajectoire. Seules les émissions des avions pouvant avoir une influence directe sur la qualité de l'air à l'échelle régionale sont prises en compte. Il s'agit, en première approche, des émissions qui se produisent à l'intérieur de la couche de mélange. Pour évaluer ces émissions, il est tenu compte des différents régimes de fonctionnement des avions et notamment des différentes phases du cycle standard atterrissage–décollage dit « cycle LTO » (Landing Take-Off) défini par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Ce cycle comporte quatre phases : une phase d'approche avant atterrissage : entre la hauteur de la couche de mélange et le sol, une phase de roulage : mouvement de l'avion au sol, depuis l'atterrissage jusqu'à la préparation du décollage, une

phase de décollage : accélération sur piste et décollage proprement dit (entre 0 et 152 m), une phase de montée : de 152 m à la hauteur de couche de mélange, juste après le décollage. Les émissions dépendent du nombre de mouvements enregistrés sur la plate-forme, des caractéristiques de la flotte d'avions et de la durée moyenne de chacune des phases du cycle LTO. En particulier, la durée de la phase de roulage dépend beaucoup de la configuration et de la fréquentation de l'aéroport.
Les principaux polluants émis par les avions lors des cycles LTO sont les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils COV, les particules et le dioxyde de soufre SO_2. Des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont trouvés dans les particules présentes dans les émissions [Zielinska et al (2004)]. Les émissions de ces polluants dépendent des conditions de fonctionnement des moteurs : les émissions de NOx sont majoritaires lors des phases nécessitant de fortes poussées (décollage et montée) alors que les émissions de CO ou de COV ont plutôt lieu au sol, lors de la phase de roulage au ralenti.
En plus des émissions à l'échappement des aéronefs, il faut également considérer les émissions de particules provenant de l'abrasion des pneumatiques, des freins et de l'usure des pistes.

Sources fixes

Les sources fixes sont des émetteurs variés. Il s'agit à la fois des centrales thermiques (sources ponctuelles qui émettent principalement des NO_x, des particules, du SO_2, des Composés Organiques Volatils (COV)), des installations de stockage et de distribution d'hydrocarbures (émissions diffuses de COV), des activités utilisant des solvants qui émettent des COV (nettoyage, peinture, dégivrage, déverglaçage des pistes), des opérations de maintenance (émissions diffuses de COV, …), des sources liées à la végétation et à l'entretien des espaces verts, ...

Sources mobiles

Les sources mobiles que l'on rencontre sur une plate-forme aéroportuaire sont de deux types. Les premières sont les sources mobiles liées directement au fonctionnement opérationnel de la plate-forme (tracteurs/pousseurs des avions, transporteurs de bagages, groupes électrogènes thermiques, engins spéciaux utilisés pour l'entretien, notamment les tondeuses, …). Les autres sources sont les véhicules particuliers et les transports en commun servant à l'acheminement des personnes vers l'aérogare dans la zone publique de l'aérogare (il s'agit là du trafic routier induit par la plate-forme) ou au sein même de la plate-forme aéroportuaire (navettes de transfert de l'aérogare vers les avions, …).
Les principaux polluants émis par les sources mobiles sont les suivants : NOx, COV, CO, SO2 et particules.

Emissions franciliennes

La quantification des émissions associées aux plates-formes aéroportuaires franciliennes est issue du cadastre des émissions de la région Ile-de-France réalisé par AIRPARIF pour le compte de la DRIRE Ile de-France, pour l'année 2000, dans le cadre des travaux d'élaboration du plan de protection de l'atmosphère. AIRPARIF a effectué un calcul aussi complet que possible des émissions associées aux trois plates-formes aéroportuaires majeures de la région Ile-de-France en s'appuyant sur un certain nombre de données fournies par Aéroports de Paris (ADP) ainsi que de travaux et documents méthodologiques de l'OACI, le STNA et l'EPA. L'inventaire 2000 montre que l'ensemble du trafic aérien de l'Ile-de-France contribue à hauteur de 4% des émissions régionales de l'Ile-de-France. La projection à 2010 montre que ce pourcentage ne devrait pas baisser. A lui seul, le trafic aérien de Roissy émet des tonnages d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures comparables à ceux générés par le trafic routier du boulevard périphérique et l'ensemble des activités de la plate-forme aéroportuaire de Roissy (fonctionnement plus trafic aérien) émet 30 % de NOx de plus que le boulevard périphérique.

Le trafic aérien apparaît comme le premier contributeur aux émissions des plates-formes aéroportuaires pour les différents polluants (plus de 55 % de contribution), à l'exception toutefois du SO_2 qui est dominé par les émissions des sources fixes ponctuelles (centrales thermiques). Les sources liées notamment à l'utilisation des groupes de puissance auxiliaires (APU) et aux engins de piste constituent néanmoins des sources importantes d'émissions de NOx au sein des plates-formes. La production de particules par le phénomène d'abrasion mécanique des pneumatiques, des freins et des pistes est également significative.

Ces éléments sont développés dans le rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France cité précédemment.

2.3 - POLLUTION DE L'AIR INTERIEUR

L'impact sanitaire des contaminants présents dans l'air extérieur est moins documenté. Des recherches sont nécessaires pour mieux documenter les expositions et les effets[79,80].
Dans certains cas, la mise en place d'isolations phoniques peut conduite à une diminution de la ventilation des logements qui peut d'une part conduire à une augmentation des niveaux de pollution chimique dans l'air intérieur, et qui peut d'autre part entraîner des augmentations de l'hygrométrie et de la température, elles-mêmes responsables d'une augmentation de l'exposition aux pneumallergènes.

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a présenté en 2006 les résultats de la première campagne nationale sur la qualité de l'air dans les logements en France[81]. Cet état de la qualité de l'air est ciblé sur une trentaine de polluants chimiques, physiques et microbiologiques et constitue le premier référentiel de cette ampleur en France. En Ile-de-France, 114 logements ont fait partie de l'échantillon.

Tableau 2 : Pollution atmosphérique Indicateurs d'exposition

Indicateurs	Méthodes : résultats	Partenaires /organismes	Commentaires
NO_2	Surveillance de la qualité de l'air	AIRPARIF	Etude spécifique autour de l'aéroport similaire à celle effectuée en 2000 à répéter au minimum tous les 5 ans
NO_2, COV, Particules (si possible)	Modélisation	AIRPARIF	A partir du cadastre des émissions détaillé sur la plateforme et mis à jour annuellement
Emissions, odeurs	Panel de nez	Airnormand [82] AIRPARIF	Perception des riverains importante à prendre en compte, cette approche permet par ailleurs d'impliquer les populations
Expression de la nuisance	Plaintes	Communes, ADP	Recueil centralisé des plaintes
Qualité de l'air intérieur	Connaissance de la qualité de l'air intérieur dans les logements insonorisés autour de l'aéroport /données nationales	OQAI	Type d'étude qui dépasse le cadre d'un système de surveillance
Particules	- particules PM2,5 - particules ultra - fines	AIRPARIF AIRPARIF/	Analyseurs automatiques uniquement Comptage de particules

	Etude de la composition chimique des particules ; spéciation	INERIS AIRPARIF/ INERIS	A l'émission, les particules issues des moteurs d'avion sont beaucoup plus fines que celles des moteurs Diesel Projet qui dépasse le cadre d'un système de surveillance (projet qui relève d'un programme européen) Recherche de spécificités dans la composition des particules autour de la plateforme
Recherche d'un polluant traceur du trafic aérien	Recherche d'un composé spécifique du kérosène	AIRPARIF	Programme qui dépasse dans un premier temps le cadre d'un système de surveillance
Connaissances et description des populations exposées à la pollution atmosphérique à proximité de l'aéroport.	- Recensement - Enquête logement	INSEE	

CHAPITRE 3 PROPOSITIONS D'INDICATEURS SANITAIRES ET D'EXPOSITION POUVANT ETRE SUIVIS EN CONTINU OU A INTERVALLES REGULIERS DANS LES ZONES EXPOSEES

3.1 RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DU BRUIT »

L'étude de la bibliographie internationale atteste l'existence d'un impact sanitaire des nuisances sonores aéroportuaires en matière de troubles du sommeil et de gêne notamment, effets pour lesquels les experts s'accordent sur un niveau de preuves suffisant.

En dépit de l'utilisation d'avions moins bruyants depuis quelques années entraînant une baisse du niveau global de bruit, attesté par l'indice global mesuré pondéré (IGPM) de bruit annuel, les nuisances persistent. Les améliorations techniques sont neutralisées par l'augmentation du trafic aérien et le rapprochement des vols. C'est pourquoi les plaintes des riverains sont nombreuses et légitimes. Cela implique que le principe de prévention soit appliqué.

Des questions subsistent telles que la relation entre le bruit et l'HTA, la relation dose-réponse sur certains effets objectifs (cardiopathies ischémiques) ou subjectifs (neuropsychologiques) et l'identification des populations sensibles. Toutefois ces questions relèvent d'équipes de recherche spécialisée et ne rentrent pas dans les missions du groupe de travail régional mis en place dans le cadre de l'action 6bis du PRSE Ile-de-France et ne seraient pas de nature à apporter une réponse à la demande explicite des populations.

De fait, la Direction générale de la santé pilote actuellement la mise en place d'une étude nationale qui va être réalisée autour de 2 aéroports français (Etude DEBATS). Un comité de pilotage et un comité scientifique ont été constitués et l'étude de faisabilité a débuté. Il semble donc peu pertinent d'envisager actuellement le développement d'une autre étude à visée étiologique. Toutefois, le groupe d'experts souhaite formuler des recommandations en direction des équipes de recherche pour améliorer, dans les futures études épidémiologiques, la connaissance des expositions individuelles.

La revue de la littérature sur l'impact des nuisances aéroportuaires sur la santé des riverains permet d'affirmer que la survenue de certains effets sanitaires est suffisamment étayée (tableau n°3).

Tableau 3 : Bruit - Indicateurs sanitaires, pertinence pour un système de surveillance

Effets	Indicateurs	Sources données/ type étude/ outils	Faisabilité Commentaires
Gêne	Plaintes (journée, soirée, nuit, été, hivers …décollage, atterrissage…)	ADP, ACNUSA, Mairies (bureau d'hygiène et de santé), services de l'Etat N° vert	Expérience à Schiphol
	Santé perçue ± qualité environnement perçue	Questionnaire type « baromètre santé » ou enquête décennale Cahier de santé Enquête téléphonique ou par voie postale répétée	
Sommeil	*Données objectives* : - enregistrements physiologiques chez les patients - consommation de médicaments à visée hypnotique (sédatifs et somnifères). *Données subjectives* : - interrogation sur qualité du	Données de l'assurance maladie sur des médicaments traceurs	Plutôt réalisable par des équipes de recherche Indicateur peu spécifique

	sommeil, difficulté à l'endormissement, nombre de réveils … Accidents domestiques, Arrêts de travail	Questionnaire validé auto déclaratif Données PMSI pour les accidents nécessitant une hospitalisation Voir avec système surveillance InVS Données de l'assurance maladie	Pas approprié pour les enfants Peu spécifique Contrôle des variables socio économiques difficile

Parmi les effets pour lesquels le niveau de preuve a été jugé suffisant, le groupe d'expert propose d'inscrire la surveillance d'indicateurs de santé (les troubles du sommeil), d'éléments de perception (enquête sur la santé perçue et sur la qualité de l'environnement perçue) et de plaintes en utilisant les outils de mesure validés par la communauté scientifique.

3.2 RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS «IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE »

Une importante littérature scientifique décrit les effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Cependant peu d'études explorent l'impact sanitaire des pollutions atmosphériques liées aux activités aéroportuaires.
Les connaissances sur l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sont résumées dans le tableau n°4 ci-dessous :

Tableau 4 : Effets sanitaires de la pollution atmosphérique - Niveau de preuve de la relation entre pollution atmosphérique et effets sanitaires

Effets sanitaires étudiés	Niveau de preuve	Commentaires
Pathologies respiratoires (pollution atmosphérique urbaine)	Relations entre expositions à la pollution atmosphérique urbaine et risques - d'hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans - d'hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans et des plus de 15 ans - de mortalité pour causes respiratoires - de recours à SOS-médecins pour causes respiratoires Relation à long terme entre exposition chronique à la pollution atmosphérique et : - développement pulmonaire chez l'enfant - pathologies respiratoires (BPCO) chez l'adulte	indicateurs d'exposition difficilement transposables à une zone présentant des spécificités telles que le voisinage immédiat avec une plateforme aéroportuaire (pollution de proximité vs pollution de fond) Difficulté liée à la durée de l'exposition et la latence entre exposition et apparition de la maladie, nombreux facteurs de confusion pour estimer avec précision l'excès de risque lié à la pollution atmosphérique
Pathologies cardio- vasculaires	Relations entre expositions à la pollution atmosphérique urbaine et risque d'hospitalisations pour	indicateurs d'exposition difficilement transposables à une zone présentant des spécificités telles que le voisinage immédiat

	maladies de l'appareil circulatoire et maladies cardiaques Relation à long terme entre exposition chronique à la pollution atmosphérique et maladies cardiovasculaires (athérosclérose, infarctus du myocarde)	avec une plateforme aéroportuaire. Difficulté liée à la latence entre exposition et apparition de la maladie, nombreux facteurs de confusion pour estimer avec précision l'excès de risque lié à la pollution atmosphérique
Asthme	A court terme, la pollution atmosphérique est un facteur déclenchant et aggravant de la crise. La relation causale entre exposition chronique à la pollution atmosphérique et le développement de la maladie asthmatique reste à préciser	
Cancer du poumon	Augmentation de l'incidence et de la mortalité en rapport avec une exposition chronique à la pollution atmosphérique particulaire.	Problème : latence entre exposition et apparition de la maladie et nombreux facteurs de confusion pour estimer avec précision l'excès de risque lié à la pollution urbaine.
Cancers (polluants spécifiques)	Niveau de preuve donnée par le classement de la substance par le CIRC.	Pas d'excès de risque montré autour des aéroports
Effets inflammatoires et allergiques	En cours d'investigation	

Aussi le groupe d'experts formule, en termes de recherches à conduire, les recommandations suivantes :

- l'état des connaissances montre qu'à ce jour les indicateurs spécifiques du trafic aérien n'ont pas été mis en évidence. Cette question nécessite le développement de recherches qui ne peuvent être conduites qu'au niveau national ou européen
- la qualité de l'air intérieur des logements de la zone exposée au trafic aérien mérite une attention particulière. Cette question nécessite le développement de recherches dont certaines pourraient être conduites au niveau régional en lien avec l'OQAI. Il serait notamment pertinent d'étudier les conséquences possibles de l'insonorisation renforcée des locaux sur la qualité de l'air intérieur.

Le groupe d'experts attire l'attention sur le fait que les indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique urbaine, utilisés pour mettre en évidence les effets sanitaires précédemment décrits, sont difficilement transposables à une zone présentant des spécificités telles que le voisinage immédiat avec une plateforme aéroportuaire (pollution de proximité vs pollution de fond).

Dans l'objectif de la mise en place d'un système de surveillance, le groupe d'experts propose :

- En termes de surveillance sanitaire à l'échelle locale, le suivi de la pathologie asthmatique et de la BPCO (tableau n°5).

Tableau 5 : Pollution atmosphérique - Indicateurs sanitaires - Pertinence pour un système de surveillance.

Effets sanitaires	Indicateurs	Source de la données/type d'étude / outil	Faisabilité /commentaires
Asthme / BPCO	- Répartition de médicaments contre l'asthme dans les pharmacies	Répartiteurs Comparaison dans le temps et l'espace des consommations communales	Pas d'information sur la prise effective. Pas d'information sur le lieu de domicile de la personne consommant des médicaments. Les pharmacies de la plateforme devront être exclues.
	- consommation de certains médicaments antiasthmatiques par un assuré social	- CPAM - données ERASME - CRAM - SNIIR-AM de la CNAMTS	Code postal résidence Code postal de la pharmacie de délivrance et du patient
	- Recours aux soins (consultations médecins généralistes ou spécialistes ?)	Etude spécifique recueil données auprès de médecins	Nombreux réseaux préexistants : grog, sentiweb, autres réseaux de médecins de ville (cabinets de consultants).

- En termes de surveillance des expositions, le renforcement de la surveillance de la qualité de l'air autour de la zone est indispensable ainsi que le recensement et la description des populations exposées. Il pourrait être notamment envisagé de mettre en œuvre des campagnes de mesures et un recensement répété des population autour de l'aéroport (tous les 5 ans par exemple ou suite à la mise en place de mesures particulières concernant le trafic aérien).

- Parallèlement, un suivi plus régulier pourrait se faire grâce à de la modélisation sur la base d'un cadastre finement détaillé sur la plate-forme, qui devra être périodiquement mis à jour. L'utilisation de la modélisation permet de suivre les évolutions en s'affranchissant des aléas météorologiques.

- L'association de la population au système de surveillance pourrait être effective au travers de la mise en place de panel de nez et du recueil centralisé des plaintes.

CONCLUSION

Autour de Paris-CDG, les riverains ont réaffirmé leur préoccupation concernant l'impact des installations aéroportuaires sur leur santé et leur bien-être. Cette préoccupation est légitime au regard de la revue de la bibliographie réalisée. Il apparaît pertinent de proposer une surveillance des problèmes de santé dans le temps et dans l'espace des populations riveraines.

Ce système de surveillance devra répondre aux questions suivante ?

> Quelles sont les populations exposées aux nuisances des deux aéroports (Paris-CDG et Le Bourget) et leurs caractéristiques ?
>
> Quelle est l'exposition réelle de ces populations au bruit et à la pollution atmosphérique dans les communes concernées et comment cette exposition évolue-t-elle dans le temps et dans l'espace ?
>
> Quelle est l'évolution de l'état sanitaire de ces populations ou de la perception qu'elles en ont, au cours du temps et dans l'espace ?
>
> Comment les indicateurs sanitaires évoluent-ils en comparaison avec les indicateurs d'exposition ou les actions de réduction des expositions ?

Cette démarche épidémiologique ne trouve sa justification que si elle constitue un outil partagé par l'ensemble des acteurs impliqués. Son principe doit donc reposer sur une participation de toutes les parties et les différents partenaires seront sollicités pour fournir au dispositif les informations nécessaires au programme de surveillance. Une attention particulière devra être portée à l'implication des populations aux différentes étapes de l'élaboration du dispositif de surveillance et de la publication des résultats de façon à ce que la démarche réponde à leurs attentes.

Le groupe d'experts considère avec intérêt l'expérience en cours à Schiphol où le système institué prend en compte l'expression des plaintes de la population. Il propose dans le cadre du système à mettre en oeuvre d'impliquer les populations le plus en amont possible dans la conception du système de surveillance.

Pour développer ce programme de surveillance, les experts recommandent que soient pris en compte les indicateurs suivants :

> Troubles du sommeil
> Asthme / BPCO
> Perception de la santé (santé perçue et qualité de l'environnement, plaintes, panel de nez)

Ces indicateurs devront être suivis en parallèle des indicateurs d'exposition (bruit et pollution atmosphérique), des données réelles de survol et de la description des populations exposées.

La mise en œuvre d'un système de surveillance de l'état de santé des populations riveraines des nuisances aéroportuaires de Paris-CDG est justifiée. Un tel dispositif n'a d'intérêt que dans un contexte de réduction des nuisances, d'autant que les recommandations réalistes et faisables proposées par l'ACNUSA depuis plusieurs années n'ont pas encore été mises en œuvre.

Le système ainsi constitué permettra aux riverains, aux élus, aux décideurs et aux compagnies privées de disposer d'un monitoring indépendant qui portera sur les expositions, les troubles de la santé observés ou ressentis et les mesures de réduction des expositions.

GLOSSAIRE

ACNUSA : Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaires

ADP : Aéroport De Paris

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive

CAREPS : Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire

CDG : Charles de Gaulle

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CPAM : Caisse Primaire d'Assurance Maladie

CNAMTS : Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés

CRAM : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

CSB : Cartographie stratégique du bruit

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

dB : décibel

Unité de graduation de l'échelle logarithmique, retenue pour caractériser un niveau sonore. Cette unité correspond à la sensibilité naturelle de l'ouïe, puisqu'un écart de 1 dB entre 2 niveaux de bruit correspond à la plus petite différence de niveau sonore décelable par l'oreille humaine et le « 0 décibel » représente le seuil d'audibilité, c'est-à-dire le niveau de pression le plus faible qui provoque une sensation auditive

dB(A) : décibel pondéré « A », pondération des fréquences en fonction de la sensation physiologique de bruit. Cette unité est donc construite pour représenter une sensation d'intensité sonore ; elle est utilisée en particulier dans les transports terrestres.

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile

DRASS : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

ECRHS : European Community Respiratory Health Survey

EEG : Electroencéphalogramme

EPCI : Etablissement public de coopération intercommunale

ERPURS : Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé

HTA : Hypertension artérielle

HYENA : Hypertension and Exposure to Noise near Airports

IDM : Infarctus du myocarde

IGPM : Indice Global Mesuré Pondéré

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

INSOMNIA : Impact des Nuisances Sonores, Maladies et Insomnies, à Proximité des Aéroports

InVS : Institut de Veille Sanitaire

ISAAC : International Study of Asthma and Allergies in Childhood

LAA : Laboratoire d'Anthropologie Appliquée

L_{den} (Level day-evening-night): c'est l'indicateur réglementaire également utilisé pour la représentation cartographique calculée du bruit des aéronefs. Il représente le niveau moyen énergétique observé sur 24 h en « pondérant » les valeurs sur les périodes de soirée (18h-22h) (+5 dB) et de nuit (22h-6h) (+10 dB) afin de prendre en compte l'accroissement de la potentialité de gêne lors de ces périodes. Il s'exprime en dB ou dB(A).

LAmax,1s (Indice événementiel) : cet indicateur donne la valeur maximale du niveau de bruit, sur la base d'échantillons enregistrés toutes les secondes, observée au passage d'un aéronef. Son utilisation est recommandée par l'ACNUSA. Il permet notamment de corréler le type d'aéronefs, la hauteur de survol, le type d'approche à un niveau de bruit maximal. Il s'exprime en dB(A).
Cet indicateur, couplé à une information sur le niveau de bruit résiduel avant le passage de l'aéronef, permet d'apprécier la modification de l'environnement sonore au passage de l'aéronef. Il est même possible de donner une information sur l'« émergence » ponctuelle liée au passage de l'aéronef. Cette information prend toute son importance en période nocturne notamment.

NA X (Nombre d'événements aéroportuaires dépassant un seuil de bruit X) : cet indicateur donne le nombre d'événements aéroportuaires dépassant un seuil de bruit prédéfini en LAmax. L'utilisation de ce type d'indicateur est préconisée par l'ACNUSA. Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a émis notamment la recommandation de ne pas dépasser sur la période nocturne (22-6h) plus de 10 événements sonores, toutes sources confondues, de plus de 70 dB(A) en LAmax, soit le recours à l'indicateur NA70/10. Des indicateurs complémentaires sont également préconisés par l'ACNUSA comme le NA65/100 et le NA62/200 pour les zones situées hors PGS (rapport d'activité 2005 de l'ACNUSA). Ce type d'indicateur permet d'appréhender la possibilité de gêne par la fréquence de dépassement d'un seuil fixé.

$L_{Aeq\ (t)}$: niveau constant en dB(A) pendant une durée t véhiculant la même énergie que le niveau réel de fluctuant sur une même durée t.

L_{day} : indicateur de bruit période diurne
indicateur de bruit associé à la gêne pendant la période diurne

$L_{evening}$:
Indicateur de bruit associé à la gêne le soir

L_{night} :
indicateur de bruit période nocturne associé aux perturbations du sommeil

LISA : Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques

LSCE : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

NOAEL : Non Observed Adversed Effect Level

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

OR : Odds-Ratio, c'est un rapport de cotes. C'est le rapport des malades sur les non malades parmi les exposés sur le rapport des malades sur les non malades parmi les non exposés. L'OR est une bonne approximation du risque relatif en cas de maladie rare.

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

ORS : Observatoire Régional de Santé

PAARC : Pollution Atmosphérique et Affections Respiratoires Chroniques

PEB : Plan d'Exposition au Bruit

PGS : Plan de Gêne Sonore

RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Millieu (Institut néerlandais de santé publique et d'environnement)

SAPALDIA : Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults

SNIIR-AM : Système National d'Information Inter-Régime de l'Assurance Maladie

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] CAREPS « Etat des connaissances sur l'impact sanitaire des aéroports : risques liés aux agents physiques et microbiologiques » - DRASS Ile-de-France rapport N°549-1 – Décembre 2005.

[2] WHO "Technical meeting on aircraft noise and Health" – Bonn Germany, 29-30 October 2001- WHO Régional Office for Europe – European Centre for Environmental and Health Bonn Office.

[3] - WHO technical meeting on noise and health indicators 07-09 April 2003 – Brussels Belgium, meeting report – European Centre for Environment and Health – Bonn office.

[4] - WHO Technical meeting on sleep and Health – Bonn Germany, 22-24 January 2004. WHO Regional Office for Europe – European Centre for Environmental and Health Bonn Office.

[5] - WHO Report on the Third meeting on night noise guidelines, Lisbon, Portugal, April 2005, WHO European Centre for Environmental and Health, Bonn Office.

[6] European Commission Working Group on Health and Socio Economic Aspects : "Position Paper on Dose Effect relationships for night time noise" – 11 November 2004.

[7] AFSSE « Impacts sanitaires du Bruit - Etat des lieux – Indicateurs bruit-santé », novembre 2004.

[8] Eléments bibliographiques et faisabilité d'une enquête épidémiologique sur les effets du bruit en Ile de France, Observatoire Régional de Santé (ORS) d'Ile-de-France, 2003, 54 p.

[9] Chen Tsan-Ju, Chen Shun-Sheng « Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of scholle-age children » in Arch. Occup. Environ. Health (1993) 65:107-111.

[10] Wu T.N. , Lai J.S., Shen C.Y., Yu T.S. CHANG P.Y., 1995, Aircraft Noise, Hearing Ability and annoyance, *Arch. Environ. Health*, 50, 452-456.

[11] Bruit et santé – pamphlet n°36 - OMS 2000, http://www.euro.who.int/eprise/main/who/progs/hoh/publications/20020409_2

[12] Franssen E.A.M., Van Wiechen C.M.A.G., Nagalkerke N.J.D. ,Lebret E. " Aircraft noise around a large international airport ant its impact on general health and medication use" – downloaded from oem.bmjjournals.com on 13 June 2006. pp 405-13.

[13] Haines M.M., S.A. Stansfeld and J. Head, 2002, Multilevel Modelling of Aircraft Noise on Performance Tests in schools around Heathrow Airport London, J. Epidemiol. Community Health, 56,139-144.

[14] Borsky Sociopsychological factors affecting the human response to noise exposure. In *Otolaryngol. Clin. North Am*. 1979 Aug;12(3):521-35. ?????

[15] Franssen E.A.M., Van Wiechen C.M.A.G., Nagalkerke N.J.D. , Lebret E. " Aircraft noise around a large international airport ant its impact on general health and medication use" in *Occupational and Environmental Medicine* 2004;61:405-13 (http://oem.bmj.com/cgi/content/full/61/5/405).

[16] Vallet M., Vincent B., Olivier D. , la gêne due au bruit des avions autour des aéroports, tome 1 : analyse de la gêne, Institut National de Recherche sur les Transports et leur sécurité (INRETS) – Rapport LTE N°9920, Ministère de l'Environnement, Mars 2000.

[17] Meecham W.C., and Shaw N., 1979, Effects of jet noise on mortality rates, *Br. J; Audiol*., 13 (3), 77-80.

[18] Frerichs R.R., Beeman B.L. and Coulson A.H., 1980, Los Angeles airport noise and mortality – faulty analysis and public policy, *Am; J. Public He*alth, 70 (4):357-62

[19] Environmental Impact Reports Pty Ltd, 1979, Aircraft flyover and mortality, Sydney.

[20] Taylor R. and Lyle D., 1990, Third runway proposal draft environmental impact statement Sydney (Kingsford Smith) airport : possible health effects. Parts I and II, Sydney, Kinhill Engineers.

[21] GRIEFAHN B., MUZET A. (1978) Noise-induced sleep disturbances and their effects on health, J. Sound and Vibr., 59(1): 99-106.

[22] Brink M., Wirth K. and Schierz C. Effects of early morning aircraft overflights on sleep and implications for policy making, Proceedings of the Congress Euronoise 2006, 30 May-1 june 2006, Tampere Finland.

[23] Rapport sur le thème du sommeil – Ministère de la Santé et des Solidarités – rapport à Monsieur Xavier Bertrand, décembre 2006, 271 p..

[24] Vallet M., Cohen J.M. Etude Epidémiologique des troubles anxio-dépressifs autour des aéroports, Institut National de Recherche sur les Transports et leur sécurité (INRETS), Ministère de l'Environnement, Mission Bruit, rapport LTE N°2008, Mars 2000.

[25] Laboratoire d'Anthropologie Appliquée " Incidence du bruit des avions et de la pollution sur la santé des riverains des aéroports " synthèse des études 1964 – 2004- Doc AA 491/2005 – janvier 2005.

[26] Nerome S. Dr, Bouée S., Dr, Enjalbert J.P. DR, Lainey, E. Dr « INSOMNIA : Impact des Nuisances SOnores (Maladies et INsomnie) à proximité des Aéroports », Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris, 19 juin 2004.

[27] Les effets du bruit sur la santé, Ministère de l'emploi et de la solidarité, 1999, 129 p.

[28] Knipschild P., 1977, Medical Effects of aircraft Noise ; community cardiovascular survey, in *Arch. Occup. Environ. Health*, 40, 185-190.

[29] Altena K., Biesiot N.E., Van Brederode , Van Kamp I., Knottnerus T.R., Lako J.V., Pulles M.P.J. and Stewart T.E., 1988, Environmental Noise and Health, description of data, models and methods used and the results of the epidemiological survey, report N° GA-DR-0e-01; The Hague :Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment.

[30] Kempen EEMMv, Kruize H., Boshuizen H.C., Ameling C.B., Staatsen B.A.M., Hollander de AEM, 2002, The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease : a meta-analysis. *Environ. Health Perspect.*, 110:307-17.

[31] Willich S. N. Wegscheider k; Stallmann M., Keil T.I, Noise Burden and the risk of myocardial infarction in *Eur. Heart J.* 2006 Feb ; 27(3) : 276-82

[32] Babisch W. Transportation Noise and Cardiovascular Risk , Review and Synthesis of Epidemiological Studies – Dose effect Curve and Risk Estimation; Federal Environmental Agency, Berlin, January 2006, 113p.

[33] Rosenlund M., Berglind N., Pershagen G., Järup L. and Bluhm G., 2001, Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise, *Occup. Environ. Med*., 58,76973.

[34] Bluhm G. Community Noise and Hypertension, Proceedings of the Congress EURONOISE 2006, 30 may-1 June 2006, Tampere, Finland.

[35] Jarup L., Dudley M.L., Babisch W., Houthuijs D., Swart W., Pershagen G., Bluhm G., Katsouyanni K., Velonakis M., Cadum E. and Vigna-Taglianti F.: « Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA) : Study design and Noise Exposure Assessment » - *Environmental Health Perspectives* ; volume 113 ;N°11, november 2005, pp :1473-8

[36] Clark C., M. Rocio., Van Kempen E., Tamuno Alfred., Head J., Hugh W. Davies, Haines M.M., Lopez barrio I., Matheson M. and Stansfeld S.A. Exposure-effect Relations between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at scholle and Reading Comprehension –The RANCH project, *AM. J. Epidemiol*. 2006;163(1):27-37.

[37] Haut Comité de la Santé Publique, Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé. Poursuivre la réduction des risques. Editions ENSP, collection Avis et rapports, 2000. 165 p.

[38] Health Aspects of AirPollution Results From The Who Project "Systematix Review Of Health Aspects Of Air Pollution In Europe" 2004. http://www.euro.who.int/document/E83080.pdf

[39] Conseil supérieur d'hygiène publique de France, section des milieux de vie, Qualité de l'air et aéroports, février 2006, éditions Lavoisier, 01-2007. 114 p.

[40] Évaluation des Risques de la Pollution URbaine sur la Santé (Erpurs) 1987-2000. Janvier 2003. (D. Campagna, A. Lefranc, C. Nunes-Odasso, R. Ferry). 201 p.(téléchargeable sur www.ors-idf.org)

[41] Chardon B, Lefranc A, Granados D, Gremy I. Air pollution and Doctors' House Calls for respiratory diseases in Greater Paris area (2000-2003). Occup Environ Med. 2006 Dec 20;

[42] Erpurs. Analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile – 2002/2003, septembre 2005. (B. Chardon, A. Lefranc, D. Granados, I. Gremy), 59 p. .(téléchargeable sur www.ors-idf.org)

[43] Erpurs. Exploration de la différence de sensibilité à la pollution atmosphérique chez les hommes et les femmes. Mars 2006. (D. Granados, B. Chardon, A. Lefranc, I. Gremy). 66 p. (téléchargeable sur www.ors-idf.org)

[44] Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Circulation 2004 Jun 1;109(21):2655-71.

[45] Gershwin LJ. Effects of air pollutants on development of allergic immune responses in the respiratory tract. Clin Dev Immunol. 2003 Jun-Dec;10(2-4):119-26. Review.

[46] Just J, Segala C, Sahraoui F, Priol G, Grimfeld A, Neufirch F, Short-term health effects of particulate and photochemical air pollution in asthmatic children. Eur Respir J. 2002 Oct ; 20(4):899-906.

[47] Neukirch F, Segala C, Le Moullec Y, Korobaeff M, Aubier M. Short-term effects of low-level winter pollution on respiratory health of asthmatic adults. Archives of environnemental Health, 1998, 53(5): 320-8

[48] Careps, « Fréquence de l'asthme en Isère et répartition géographique, analyse à partir des données hospitalières et enquête en population ». DDASS de l'Isère. Rapport n°258. Juillet 2001.30 p.

[49] Guillemin MA., Dab W., Enquêter ou agir : gestion d'une pollution de proximité par des locomotives diesel à Paris, Santé publique 2003, volume 15, n°1, pp.89-98

[50] Annesi-Maesano I, et al. Impacts sur la santé, aspects épidémiologiques. In : Pollution par les particules atmosphériques : état des connaissances et perspectives de recherche. Documentation Française. Série Transports Recherche Innovation. 2004 ; pages 163-188.

[51] Harkema JR, Keeler G, Wagner J, Morishita M, Timm E, Hotchkiss J, Marsik F,Dvonch T, Kaminski N, Barr E. Effects of concentrated ambient particles on normal and hypersecretory airways in rats. Res Rep Health Eff Inst. 2004 Aug;(120):1-68; discussion 69-79.

[52] Annesi-Maesano I., Asthma epidemiology, REv Prat. 2005 Jun 30 ;55(12) : 1295-8

[53] Aubier M, Neukirch F, Annesi-Maesano I. Epidemiology of asthma and allergies. The prevalence of allergies increases worldwide, and asthma has reached his highest-ever prevalence in Europe: why? Bull Acad Natl Med. 2005 Oct;189(7):1419-34; discussion 1434. Review. French

[54] Pénard-Morand C, Annesi-Maesano I. Air pollution : from sources of emissions to health effects. Breath 2004; 1: 108-119.

[55] Penard-Morand C, Charpin D, Raherison C, Kopferschmitt C, Caillaud D, Lavaud F, Annesi-Maesano I. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren. Clin Exp Allergy. 2005 Oct;35(10):1279-87.

[56] Dockery DW, Pope CA III, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. The New England Journal of Medicine, 1993; 329(24): 1753-1759.

[57] Pope CA III, Thun MJ, Namboodiri MM et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. Ame J of Resp and Crit Care Med, 1995; 151: 669-674.

[58] Abbey DE, Nishino N, McDonnell WF et al. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. Am J Respir Crit Care Med. 1999;159(2):373-382.

[59] McDonnell WF, Nishino-Ishikawa N, Petersen FF, Chen LH, Abbey DE. Relationships of mortality with the fine and coarse fractions of long-term ambient PM10 concentrations in nonsmokers. J Expo Anal Environ Epidemiol. 2000 Sep-Oct;10(5):427-36.

[60] Lipfert FW, Baty JD, Miller JP, Wyzga RE. PM2.5 constituents and related air quality variables as predictors of survival in a cohort of U.S. military veterans. Inhal Toxicol 2006 Aug;18(9):645-57.

[61] Nafstad P, Haheim LL, Wisloff T et al. Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. Environ Health Perspect. 2004;112(5):610-5.

[62] Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. Lancet 2002; 19;360(9341):1203-9.

[63] Gehring U, Heinrich J, Kramer U et al. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Cardiopulmonary Mortality in Women. [Article]. Epidemiology. 2006;17(5):545-551.

[64] Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S, Le Moual N, Cantagrel A, Annesi-Maesano I, Charpin D, Declercq C, Neukirch F, Paris C, Vervloet D, Brochard P, Tessier JF, Kauffmann F, Baldi I. Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. Occup Environ Med. 2005 Jul;62(7):453-60

[65] Vandentorren S, Baldi I, Annesi Maesano I, Charpin D, Neukirch F, Filleul L, Cantagrel A, Tessier JF. Long-term mortality among adults with or without asthma in the PAARC study. Eur Respir J. 2003 Mar;21(3):462-7.
[66] Kunzli N, Jerrett M, Mack WJ, Beckerman B, LaBree L, Gilliland F, et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. Environ Health Perspect 2005 Feb;113(2):201-6.

[67] Gauderman WJ, et al, Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study *Lancet* 2007; doi :10.1016/S0140-6736(07)60037-3.

[68] Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, McConnell R, Kuenzli N, Lurmann F, Rappaport E, Margolis H, Bates D, Peters J. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. N Engl J Med. 2004 Sep 9;351(11):1057-67. Erratum in: NEngl J Med. 2005 Mar 24;352(12):1276.

[69] Gauderman WJ, Gilliland GF, Vora H, Avol E, Stram D, McConnell R, et al. Association between air pollution and lung function growth in southern California children: results from a second cohort. Am J Respir Crit Care Med 2002 Jul 1;166(1):76-84.

[70] Annesi-Maesano I, Dab W. Air pollution and the lung: epidemiological approach. Med Sci (Paris). 2006 Jun-Jul;22(6-7):589-94. Review. French.

[71] Extrapol Pollution atmosphérique et reproduction, n°28 juin 2006

[72] Extrapol, n°23, Zones aéroportuaires. Juin 2004

[73] Annesi-Maesano I, Agabiti N, Pistelli R, Couilliot MF, Forastiere F. Subpopulations at increased risk of adverse health outcomes from air pollution. Eur Respir J Suppl. 2003 May;40:57s-63s. Review.

[74] Vallet M. et al., 2000, La gêne due au bruit des avions autour des aéroports. Tome 1 analyse de la gêne, INRETS rapport LTE n°9920

[75] Faburel G, Maleyre I, Dépréciation immobilière et ségrégation sociale pour cause de bruit des avions. Mesure économétrique et analyse territoriale dans 8 communes proches de l'aéroport d'Orly , Revue *Développement Durable et Territoires*, mai 2006.

[76] AIRPARIF, Rapport d'étude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe des plateformes aéroportuaires de Roissy Charles de Gaulle et du Bourget, décembre 2003, téléchargeable depuis www.AIRPARIF.asso.fr sous la rubrique « Publications ».

[77] AIRPARIF, Rapport d'étude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe de la plate-forme aéroportuaire d'Orly, août 2004, téléchargeable depuis www.AIRPARIF.asso.fr sous la rubrique « Publications ».

[78] AIRPARIF, Etude des retombées de suies sur les matériaux en sites péri-aéroportuaires – comparaison avec des sites urbains et ruraux réalisée en collaboration avec le Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA) et le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), octobre 2006, téléchargeable depuis www.AIRPARIF.asso.fr sous la rubrique « Publications »).

[79] Viegi G, Simoni M, Scognamiglio A, Baldacci S, Pistelli F, Carrozzi L,Annesi-Maesano I.
Indoor air pollution and airway disease. Int J Tuberc Lung Dis. 2004 Dec;8(12):1401-15. Review

[80] ORS Ile-de-France, « Pollution de l'air intérieur : état des connaissances concernant les effets sanitaires ». Octobre 2005

[81] OAQI. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. www.air-interieur.org .Novembre 2006

[82] Céline Léger, Airnormand, Mise en place d'un suivi des odeurs par Airnormand, Pollution atmosphérique n°187 Juillet-septembre 2005 p.373