

Centre de Recherche



Espace
Transports
Environnement
et Institutions Locales

Université Paris 12 – Institut d'Urbanisme de Paris – 61, avenue du Gal de Gaulle – 94 010 Créteil
Tél. : 01 41 78 48 26 - Fax. : 01 41 78 48 27 - labo-creteil@univ-paris12.fr
<http://www.univ-paris12.fr/~creteil/>

Impacts des trafics aériens sur la santé

*Etat des connaissances scientifiques
et recommandations pour l'action*

Guillaume Faburel (avec l'aide de Sarah Charre)

Rapport Final (Septembre 2008)

Sur commande de l'Association Ville et Aéroport

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	3
<i>Enjeux et contexte de l'étude</i>	3
<i>Objectifs et plan</i>	5
PARTIE 1.....	8
EFFETS DES TRAFICS AÉRIENS ET DES FONCTIONNEMENTS AÉROPORTUAIRES	8
SUR LA SANTÉ DES POPULATIONS RIVERAINES	8
ETAT DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES.....	8
2. LES EFFETS DU BRUIT (DES AVIONS) SUR LA SANTÉ PHYSIQUE : DES PREUVES DE PLUS EN PLUS TANGIBLES.....	9
2.1. <i>Bruit des transports, bruit des avions : des effets multiples (potentiels ou avérés).....</i>	10
2.2. <i>Les impacts sanitaires sur les enfants autour des aéroports : un groupe particulièrement vulnérable ...</i>	15
2.3. <i>Des incertitudes surmontables pour l'aide et la prise de décision.....</i>	18
3. GÊNE ET NUISANCES SONORES DUES AU BRUIT DES AVIONS : UNE IMPORTANCE ÉTABLIE, MAIS LA NÉCESSITÉ DE DÉMARCHES INTERDISCIPLINAIRES	22
3.1. <i>Les facteurs acoustiques et psycho-acoustiques de la gêne sonore : des limites explicatives grandissantes.....</i>	23
3.2. <i>Sciences humaines et sociales : des approches complémentaires pour ouvrir l'analyse aux contextes territoriaux d'exposition.....</i>	27
4. LES EFFETS SANITAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DUE AUX TRAFICS AÉRIENS ET FONCTIONNEMENTS AÉROPORTUAIRES : ENTRE PRÉSOMPTIONS ET DÉMONSTRATIONS.....	33
4.1. <i>Les effets sanitaires de la pollution de l'air liée aux transports : des effets à court terme démontrés et à long terme plus incertains.....</i>	35
4.2. <i>Les effets sur les populations sensibles : de fortes présomptions concernant les enfants</i>	37
4.3. <i>Incertitudes persistantes pour les effets à long terme et manque de connaissances sur les pourtours aéroportuaires.....</i>	38

1. Introduction

Enjeux et contexte de l'étude

Sur les 40 dernières années, les impacts des activités humaines sur l'environnement (industrie, transport, agriculture, technologies...) se sont hissés aux rangs d'enjeux essentiels pour le devenir de nos sociétés. Ces impacts ont alors fait l'objet d'évaluations multiples, qui empruntent à ce jour des chemins variés: évaluations écologiques, économiques, sociales... Et c'est notamment sous l'égide de certaines d'entre elles que les manières de penser et d'agir se sont souvent orientées vers plus de prévention, de protection, de conservation... environnementales.

Dans ce thème multiple des impacts, les questions dites de santé environnementale, donc les évaluations puisant dans le registre sanitaire, occupent une place croissante, parfois même incontournable, dans les débats, concernant :

- tant des problèmes globaux de société (avec des controverses encore vives, apparues sur les 30 dernières années)
- que le futur a priori plus singulier de phénomènes et d'espaces circonscrits (ex : pourtours d'industries).

Il est vrai que les questions renvoyant à la santé font à ce jour l'objet d'une demande sociale importante d'informations, au premier chef sur les effets réels et/ou potentiels, physiologiques et/ou psychologiques, sur les populations pauvres et/ou riches, dans des contextes de cumuls ou non... Dès lors, en France, comme dans bien d'autre pays : des textes de loi plus ou moins anciens tentent, selon des modalités complémentaires, d'en réguler la survenue ; des agences d'objectifs et observatoires dédiés ont vu le jour ; des collectivités territoriales s'ouvrent à ces enjeux ; des fédérations associatives se mobilisent sur ces questions...

Dans ce registre de la santé environnementale, les effets des équipements dits impactants (usines, incinérateurs, infrastructures de transport...) focalisent une attention de plus en plus soutenue chez les donneurs d'ordre français, après que cette problématique ait fait l'objet de débats principalement dans le monde anglo-saxon. Pour preuve, plusieurs recherches expérimentales et études empiriques ont été menées pour renseigner les atteintes occasionnées par les pollutions et nuisances occasionnées par certains de ces équipements sur la santé des populations, particulièrement dans le domaine du bruit.

Toutefois, même si des zones d'ombre peuvent subsister dans les connaissances produites, invitant à soutenir les efforts de recherche, remarquons que certains de ces équipements, notamment dans le champ des transports, ont longtemps été quelque peu négligés par la production de recherches, d'études, d'observations... Et ce, même dans les pays où les questions de santé environnementale ont été tôt placées sur l'agenda politique (ex : la Health Impact Assessment - Etude d'Impacts Sanitaires – est obligatoire aux Etats-Unis depuis un Executive Order - eq. Directive ministérielle - de 1994).

C'est particulièrement le cas des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires, singulièrement en France, même si, comme nous allons le voir, les initiatives évaluatives se multiplient depuis peu.

En fait :

- si la multiplication des tensions entre acteurs des aires aéroportuaires a placé, durablement selon nombre d'observateurs, la problématique des effets

environnementaux et territoriaux des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires (positifs comme négatifs) au cœur des débats et argumentaires ;

- si la vigueur des questionnements en matière d'indicateurs d'état, d'impacts, de suivi... de ces effets atteste de cette orientation durable, vigueur qui répond un peu partout de la quête de compromis recherchés au nom du mot d'ordre que constitue le développement durable ;
- et si, par ailleurs, l'on dispose néanmoins aujourd'hui de signaux de plus en plus fiables et convergents concernant les impacts sanitaires, essentiellement du bruit, autour de plusieurs aéroports européens notamment (études RANCH, HYENA... *infra*) ;

... il aura fallu attendre ces deux dernières années pour que la France engage des travaux scientifiques d'envergure sur le thème de la santé environnementale autour d'aéroports, à la suite de quelques pas, toutefois à noter, initiés à la fin des années 1980 (travaux de Coblenz), et d'études plus récentes et descriptives (INSOMNIA en 2004) ou encore moins dédiés aux seules problématiques aéroportuaires (ETADAM en 2000), voire, pour reprendre les catégories d'analyse de l'OMS, à la suite d'enquêtes de gêne sonore (Vallet, Vincent, 2000 par exemple), gêne sonore que cette organisation place au cœur de la composante psychique des problèmes de santé (*infra*).

En fait, à ce jour, en France, trois enquêtes épidémiologiques sont soit possiblement programmées (ex : Etude DEBAT, à la demande de l'ACNUSA, sur plusieurs aéroports français), soit en cours de réalisation (ex : Etude SURVOL). Celle à ce jour la plus avancée (SURVOL), pilotée par l'Institut de Veille Sanitaire, porte sur les impacts sanitaires du bruit et de la pollution atmosphérique autour des trois premiers aéroports franciliens : Roissy CDG, Orly et Le Bourget. Au moment de la rédaction du rapport ici introduit, cette étude en était à la définition du protocole d'enquête, après que les membres du Comité scientifique aient globalement achevé la phase de caractérisation environnementale des zones d'études (périmètres acoustiques et de pollution atmosphérique).

Ici comme ailleurs, de telles initiatives font suite à la multiplication de recommandations internationales (Organisation Mondiale de la Santé par exemple) et d'autres, plus récemment nationales, à l'issue de rapports d'observation (ex : AFSSE, 2004), de colloques (Colloque Bruit et Santé à l'Assemblée Nationale en 2003 ; Colloque sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique par la Fondation Européenne pour des Territoires Durables, en 2005) et de recommandations officielles appuyées. Par exemple, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique reconnaissait en 2000 que « *le bruit au voisinage des zones aéroportuaires constitue un problème de santé publique* » et recommandait alors que des études épidémiologiques soient mises en œuvre, en particulier auprès des populations sensibles (enfants, personnes âgées, travailleurs postés). De même, concernant la pollution atmosphérique dans les pourtours aéroportuaires, « *il est donc légitime que des études épidémiologiques soient entreprises pour mettre en lumière les impacts éventuels sur la santé, comme cela a été le cas avec la circulation automobile urbaine* » (Giblin, in *Extrapol*, 2004, p. 5).

Ainsi en France, à relativement brève échéance, le fossé constaté entre la demande sociale, assez ancienne maintenant (fin des années 1990), en matière d'informations sur l'état précis de santé des populations domiciliées dans les pourtours aéroportuaires d'une part, et, de l'autre, l'état des connaissances empiriques en la matière, pourrait commencé à être comblé, suivant notamment en cela les démarches d'évaluation déjà réalisées ou à ce jour engagées autour d'aéroports étrangers.

Objectifs et plan

C'est dans ce contexte en évolution rapide, dont les traits premiers ont succinctement été dressés ci-dessus, que le Centre de Recherche Espace, Transport, Environnement et Institutions Locales (Université Paris XII) a reçu commande de l'association d'élus Ville et Aéroport pour :

- non seulement constituer un inventaire synthétique des connaissances scientifiques déjà disponibles en matière d'effets sur la santé des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires, sur la base première des recherches étrangères, et de quelques études françaises, déjà réalisées ;
- mais aussi rendre compte en détail des principales recommandations relayées par la littérature scientifique pour compléter, améliorer... les dispositifs d'actions existants dans et autour des principaux aéroports internationaux, en vue de mieux prendre en compte cette problématique sanitaire.

Ce document fait donc état, dans sa première partie, des connaissances étrangères et, plus modestement, françaises, disponibles à ce jour en matière d'effets sanitaires des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires sur les populations, des moyens de les observer, des incertitudes parfois persistantes... pour l'action.

Nous rendons compte de ces différentes connaissances selon un ordre thématique qui témoigne non seulement de leur niveau de renseignement scientifique mais alors aussi, en amont de cette production de connaissances, de l'importance historique que ces effets revêtent dans les débats entre acteurs. Le bruit représente encore à ce jour le premier problème environnemental des fonctionnements aéroportuaires, apparue ostensiblement dès les années 60 aux Etats-Unis, et durant les années 1970 en Europe, avec dans le prolongement une ouverture progressive ces dix dernières années au thème de la pollution atmosphérique et de ses impacts (ex : Londres Heathrow). Cette tendance historique, à laquelle aucun aéroport ne déroge véritablement, justifie alors la structure de la première partie de ce rapport : les impacts sanitaires du bruit, puis ceux liés à la pollution atmosphérique.

Ici, pour information, mentionnons que cette tendance répond d'une autre, que nous avons renseignée dans d'autres écrits, et qui incarne bien aussi l'orientation fondamentale que connaissent tous les débats aéroportuaires observés à travers le monde (Francfort Rhin-Main, Amsterdam Schiphol, Los Angeles International Airport...) : le renseignement progressif de nombres d'effets, positifs comme négatifs, sur les territoires plus ou moins proches des plates-formes, sous l'angle économique, sociologique, géographique... (emplois, dessertes en transports, impacts immobiliers, nuisances et pollutions, effets des contraintes d'urbanisme, polarisation sociales...).

Dans le registre du bruit, premier temps de la 1^{ère} partie du rapport, nous avons volontairement distingué deux temps. Suivant en cela la définition donnée de longue date par l'OMS à la santé (« *Etat de bien-être à la fois physique, psychique et social* », 1948), le 1^{er} chapitre aborde les effets habituellement décrits comme physiques et physiologiques, à court et long termes, lorsque le 2^{ème} est dédié à la gêne et aux nuisances sonores, effet conçu par l'OMS comme aussi psychique et social.

Chacun des trois chapitres composant cette première partie (effets physiques et physiologiques du bruit, effets de gêne sonore, et effets sanitaires de la pollution atmosphérique) est construit de telle manière à livrer tour à tour l'état des connaissances stabilisées, les principaux enjeux socio-politiques impliqués par ces informations scientifiques (vols de nuit, impacts sur des populations fragiles...), puis les incertitudes encore parfois persistantes, ainsi que les méthodes susceptibles d'être mobilisées pour répondre aux besoins d'observations et d'évaluations, par nature interdisciplinaires.

Les différents états de l'art proposés ici sont le fruit d'une analyse de la littérature scientifique (articles de revues à comité de lecture, communications à des colloques internationaux, rapports de recherche...), institutionnelle (à vocation de survey : productions de l'OMS, de la DGAC...) et aéroportuaire (bilans environnementaux, rapports d'experts...). La littérature anglo-saxonne y est largement dominante et foisonnante. L'acoustique, la psycho-acoustique, la chimie de l'atmosphère, l'épidémiologie et l'économie sont peut-être, dans cet ordre, les disciplines les mieux représentées, avec toutefois, comme nous allons le voir, un appel de plus en plus insistant au sein de la littérature scientifique pour l'ouverture aux sciences humaines et sociales afin d'enrichir l'analyse des impacts, en situation précise d'exposition : géographie, psychologie, sociologie...

A chaque fois que de nécessaire, nous livrons des courtes synthèses des méthodes et résultats de recherches et études menées autour de certains aéroports, en insistant plus particulièrement, lorsque cela est possible, sur des cas franciliens. Au total, dans cette première partie, 11 recherches ou études sont décrites et référencées : 5 concernant les effets physiques et physiologiques du bruit, 4 concernant la gêne sonore, et, plus modestement, 2 relatives aux effets sanitaires de la pollution atmosphérique.

La réalisation de cet état des connaissances actualise ceux que nous avons pu mener dans un passé récent :

- en 2006, pour l'ACNUSA, la Direction de la Navigation Aérienne de la DGAC et Aéroports de Paris, sur la diversité des effets environnementaux et territoriaux des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires (Faburel coord., Chatelain, Gobert, Lévy, Manola, Mikiki et Zegagh, 2006a) ;
- en 2007, pour le Collectif Santé et Nuisances Aériennes concernant les impacts sonores sur les enfants et leur scolarité (Charre et Faburel, 2007), et pour le Collectif d'associations Alerte Nuisances Aériennes sur les enjeux relatifs à la pollution atmosphérique dans les pourtours aéroportuaires et, dès lors, les propositions pour y faire face (Faburel, Charre, coll. Mikiki, 2007).

Dans la seconde partie, nous faisons d'abord état de manière synoptique des grands types de mesures en vigueur dans le monde pour observer, prévenir ou réguler la diversité des effets aéroportuaires sur les populations et les territoires proches. Nous réalisons une évaluation schématique des grandes catégories d'actions, selon leur objet (source ou réception), nature instrumentale (technique, réglementaire, économique-fiscale, communicationnelle...), historicité et effets parfois mesurés.

Puis, sur la base de cette typologie synthétique des grandes familles de mesures, cette seconde partie rend surtout compte ensuite, appuyée pour cela sur des cas d'études, des principales recommandations relayées par la littérature scientifique en vue de mieux insérer cette problématique de santé environnementale des populations survolées dans les politiques nationales et locales.

Sans déflorer le contenu de cette partie du rapport, mais sans grande surprise, la question de l'évaluation (concernant toutefois principalement des populations ciblées), son interdisciplinarité, et le thème des indicateurs (moins centrés sur les émissions et plus ouverts aux contextes d'exposition), représentent, le cœur des conseils prodigués par la recherche, tant de l'épidémiologie ou de la toxicologie pour ce qui concerne l'élucidation des effets sanitaires, que des sciences humaines et sociales, de plus en plus incitées à contribuer aux efforts de compréhension, pour ce qui concerne notamment l'usage d'indicateurs de suivi.

En outre, l'ouverture aux sciences humaines, sociales et politiques invite aussi :

- à des regards appuyés sur les enjeux de la diffusion de l'information (aux fins premières de mise en débat entre toutes les parties prenantes), donc aussi sur les enjeux de la participation des acteurs locaux à la construction des mesures (structures de dialogue, forums de débat commissions consultatives...),
- donc aussi à des évaluations des dispositifs d'action existants, notamment les mesures de protection progressivement mises en œuvre sur les 30 dernières années à travers le monde (organisation, coordination, portée...), mesures qui auront été rapidement présentées dans le premier chapitre de cette partie.

Ces deux autres inventaires (grands types de mesures et recommandations scientifiques pour l'action) proviennent essentiellement des observations que nous avons menées depuis maintenant 10 ans sur une quinzaine d'aéroports français et étrangers, le plus souvent de grande taille. En complément des états des connaissances scientifiques relatives aux effets (ci-dessus), ces travaux ont notamment visé l'exploration de 11 cas aéroportuaires étrangers (6 en Europe, 4 aux Etats-Unis et 1 en Australie), avec pour points d'entrée :

- l'observation, pour le CNRS, des conflits aéroportuaires aux Etats-Unis, et pour objectif de réaliser une évaluation de l'action menée par les pouvoirs publics américains face à cette conflictualité certes historique mais très vite accrue durant les années 90 (Faburel, 2003a, b et c ; 2004) ;
- l'examen, pour l'ACNUSA et la DGAC, ainsi que pour Eurocontrol, les Conseils généraux du Val-de-Marne, de l'Essonne ou encore de Seine-St-Denis, des expertises et indicateurs mis en œuvre pour évaluer les impacts et assurer le suivi des mesures prises, indicateurs nouvellement promus comme de développement durable (Faburel coord., Chatelain, Gobert, Lévy, Manola, Mikiki et Zegagh, 2006b ; Faburel, coll. Mikiki, 2007 ; Faburel et Charre, 2008) ;
- l'analyse, pour le CNRS ou ADP notamment, du fonctionnement des structures de dialogues, forums de débats, commissions consultatives... de plus en plus promus comme registre procédural (dit participatif) de la construction de l'action, accompagnées en cela d'une communication croissante d'informations aux riverains... (Faburel, Lévy, Rui, Dérubaix, 2007 ; Faburel, 2008).

Partie 1

Effets des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires
sur la santé des populations riveraines

Etat des connaissances scientifiques

2. Les effets du bruit (des avions) sur la santé physique : des preuves de plus en plus tangibles

Les idées force à retenir de ce chapitre sur les effets du bruit des avions sur la santé

1. D'une manière générale (donc sans focalisation immédiate sur les pourtours aéroportuaires) : des effets démontrés d'assez longue date

=> Le bruit est partout a minima considéré comme un agent intrusif, qui réduit indéniablement la qualité du cadre environnemental (« agresseur environnemental ») ;

=> Il n'y a pas d'adaptation physiologique complète au bruit, même à long terme ;

=> A partir d'une exposition continue de 35 dB, des effets sur la santé et la qualité de vie peuvent se manifester, en perturbant chez certaines personnes des activités comme la concentration, le repos ou le sommeil ;

=> L'état de la connaissance scientifique souligne plus particulièrement les effets physiques et physiologiques sur certaines populations (enfants en bas âge, écoliers, personnes âgées ou fragiles, personnes exécutant des tâches cognitives complexes...).

2. Concernant les trafics aériens et les fonctionnements aéroportuaires : des preuves s'accumulent à l'étranger, des enjeux se dessinent, et des méconnaissances en France surmontables pour l'aide à la décision

=> Un sujet croissant de débat et de demande d'informations, autour d'au moins 8 aéroports de rang international à travers le monde ;

=> A l'étranger, des preuves s'accumulent pour démontrer l'existence d'effets sur la santé des populations riveraines (autour de 5 aéroports, en cumulé) ; en France, ce sont des signaux qui convergent, mais des études représentatives sont encore à mener ;

=> Deux enjeux toutefois ressortent assez clairement des travaux scientifiques étrangers, à la suite de résultats assez significatifs et consistants (Etudes HYENA et RANCH) : les vols de nuit engendrent des troubles du sommeil pouvant avoir des conséquences sanitaires importantes ; le bruit des trafics aériens affecte particulièrement la santé des enfants et leur scolarité.

=> Les quelques incertitudes persistantes sont d'ores et déjà surmontables pour l'aide et la prise de décision, avec toutefois : pour en limiter l'importance, des complémentarités disciplinaires à trouver pour l'épidémiologie (notamment avec les sciences humaines et sociales) ; et, pour périmétrer les actions de réduction de ces atteintes, la nécessité d'engager des travaux scientifiques représentatifs en France (Etudes SURVOL et DEBAT).

L'occurrence d'effets physiques du bruit en général n'est à ce jour plus mise en doute : effets directs à l'exemple des bourdonnements d'oreille (Kryter, 1983), d'impacts cardiovasculaires, ou encore sur le développement fœtal (Franssen *et al.*, 1997), donc du poids des nouveau-nés (Stansfeld, 2000)... ; et effets indirects, notamment par les troubles occasionnés pour le sommeil.

Toutefois, les conséquences sur la santé d'une exposition intense au bruit sont surtout le fait des activités professionnelles, voire dans des lieux de « pathologie acoustique », pour reprendre les termes de M. Periañez. Elles sont par exemple connues et quantifiées dans le milieu du travail. Il n'en est pas toujours de même lorsqu'il s'agit des bruits de l'environnement, notamment autour d'infrastructures de transport.

En fait, si plusieurs investigations sur les effets plus physiologiques du bruit ont été conduites, surtout ces dernières années, leur quantification précise et l'établissement de corrélations robustes avec les doses de bruit, selon les types de sources sonores, peuvent parfois demeurer fragiles. Cela exige la réalisation d'études épidémiologiques, devant tenir compte aussi de l'état de santé, de la psychologie (dépression, irritabilité...), de la trajectoire (sociale, résidentielle etc.) ... des populations cibles.

Néanmoins, le bruit est partout à minima considéré comme un agent intrusif, qui réduit indéniablement la qualité du cadre environnemental : un « *agresseur environnemental* » (Laroche *et al.*, 2003 ; Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec, 2005). C'est ce que l'état de la connaissance montre clairement, en soulignant plus particulièrement la vulnérabilité de certaines populations : enfants en bas âge, écoliers, personnes âgées ou fragiles (ex : avec des problèmes médicaux), personnes exécutant des tâches cognitives complexes... Et, des études principalement étrangères stipulent que les pourtours aéroportuaires en seraient particulièrement le siège.

2.1. Bruit des transports, bruit des avions : des effets multiples (potentiels ou avérés)

Nous privilégierons la catégorisation selon la nature des effets plutôt que selon la chronologie de leur survenue¹ (Griefahn, 2004). Concernant cette question de la survenue, précisons toutefois déjà deux faits qui ne sont plus discutés à ce jour dans le champ scientifique. Les études s'accordent sur le fait :

- qu'il n'y a pas d'adaptation physiologique complète au bruit, même à long terme (Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec, 2005) ;
- et que les effets les plus remarquables du bruit se rencontrent d'abord à des niveaux acoustiques élevés, mais aussi parfois à des niveaux faibles ; à partir d'une exposition continue de 35 dB, des effets sur la santé et la qualité de vie peuvent se manifester (Jong, 1993), en perturbant certaines activités comme la concentration, le repos ou le sommeil.

2.1.1. Les effets physiques et physiologiques du bruit des transports (et singulièrement des avions)

A l'étranger : des preuves qui s'accumulent

D'après des expériences menées pendant plusieurs années en laboratoire (Babisch, 2003), les effets physiques du bruit incluent des effets à court terme (tension artérielle, rythme cardiaque, vasoconstriction) ainsi que la libération d'hormones du stress (noradrénaline, adrénaline, cortisone), ayant un lien connu avec le risque cardiovasculaire à plus long terme (Muzet, 2002 ; Marneffe (de), 1997). Ce risque compromet l'intégrité fonctionnelle de plusieurs organes chez des individus présentant un terrain favorable (immunodépression, pression artérielle...), menace pouvant être accrue si la réaction du sujet face aux difficultés ou

¹ Effets primaires pendant les périodes d'exposition (perturbation de la communication, sommeil...), secondaires pendant et après l'exposition (ex : altération des performances), et effets à long terme (maladies chroniques, modification permanente du comportement...) fruit de la répétition des effets primaires et secondaires.

menaces perçues le mène à l'isolement social, l'agressivité, la consommation excessive d'aliments, d'alcool ou de médicaments (Mac Ewen, 1998).

Les effets plus psychiques du bruit incluent quant à eux la gêne (Chapitre 2), des modifications de comportement, tel l'évitement pour se soustraire au bruit..., la réduction de l'efficacité et des performances. Pour ce qui concerne la gêne, « *elle apparaît comme un médiateur dans la relation entre exposition au bruit et santé.* » (Camart, Lefranc, 2004, p. 4) : des liens entre gêne sonore ressentie et effets sur la santé ont pu être mis en lumière mais cette corrélation n'est significative que pour les individus ne souffrant d'aucune maladie chronique en début d'enquête (Gallacher, Babisch, Ising, 2003).

Les effets sur la productivité et les performances humaines dépendent quant à eux des activités mais aussi des caractéristiques temporelles des phénomènes sonores : on constate logiquement plus d'effets pour une activité exigeant une certaine concentration intellectuelle (ex : la lecture), et les hautes fréquences tout comme l'irrégularité d'évènements sonores (ex : les trafics aériens) sont plus perturbant, en comparaison notamment des sons continus. Le bruit contribue aussi à l'augmentation des comportements agressifs (American Academy of Pediatrics, 1997 ; OMS, 2000a), notamment chez des sujets déjà affaiblis psychologiquement (anxiété voire dépression névrotique) et/ou socialement dans leur vie quotidienne.

Ces effets plus psychiques passent en général par une interférence avec la communication et l'intelligibilité de la parole. L'échange verbal est altéré par le bruit et induit des difficultés de communication en raison d'un « *effet de masque qui se produit lorsque deux sons d'intensité différente sont émis* » (AFSSE, 2004, p. 181), donc d'une perte d'audibilité et de la création d'un stimulus de distraction (Lazarus, 1998). L'interférence fatigue et pourrait donc contribuer à augmenter le stress des individus sans que l'on puisse observer de phénomène d'habituation sur le long terme (Hellbrück *et al.*, 1995). Quelques instruments comme le *Speech Interference Level* développé aux Etats-Unis et appartenant aux méthodes agréées de calcul de l'intelligibilité de la parole tendent à renseigner ce phénomène.

Enfin, toujours dans ce registre plus psychique, le bruit est aussi incontestablement source d'anxiété, de stress émotionnel, de changements d'humeur, autant de manifestations qui grèvent la vie quotidienne et qui affaiblissent psychiquement les individus. Il favorise l'augmentation des conflits sociaux, les individus étant placés dans une situation de tension plus aiguë. Cependant, sans constituer une cause directe de troubles psychiques, il les accélérerait et les accentuerait, quand ils sont déjà présents ou simplement à l'état de latence (OMS, 2000b). Ainsi « *des études conduites en Angleterre (Tarnopolsky, 1980) et au Danemark indiquent-elles que l'exposition au bruit du trafic affecte le nombre de personnes admises dans des services psychiatriques* (AFSSE, 2004, p. 169), ces patients étant plus gênés par le bruit que l'ensemble de la population (Kryter, 1983, 1990).

Concernant les bruits d'avions, des recherches, plus récentes et en bien moins grand nombre, ont été menées à l'étranger autour des aéroports (depuis Knipschild et Oudshoorn, 1997 jusqu'à Stansfeld, Berglung *et al.*, 2005). Par exemple, les résultats d'une étude conduite autour de l'aéroport d'Amsterdam Schiphol, auprès de 11 800 personnes dans le but de tester le lien entre le bruit des avions et certains indicateurs de santé générale, suggèrent que le bruit a des impacts en terme de santé générale (« *poor général health status* »), avec une influence remarquée sur l'utilisation de somnifères et de médicaments contre les maladies cardiovasculaires (Franssen *et al.*, 2004 ; Franssen, Staatsen, 2002).

Des investigations sur les effets cardio-vasculaires (cardiopathie ischémique, infarctus du myocarde) d'une exposition chronique ont aussi été menées, sans qu'apparaissent des relations claires et irréfutables entre l'exposition et la réponse, car les facteurs de confusion sont nombreux et pas tous toujours contrôlables (masse corporelle, antécédents familiaux,

régime alimentaire...). Toutefois, les preuves commencent à s'accumuler (cf. travaux de Babisch, 1999 - 2005) et les résultats convergent vers la mise en évidence d'un risque accru. On trouve de plus en plus d'experts convaincus des effets du bruit des avions à court terme (tension artérielle modifiée, rythme cardiaque augmenté, hormones de stress sécrétées). Quant au long terme, ils affirment que des facteurs individuels (âge, poids, hérédité) et comportementaux (tabagisme, alimentation, alcool) interfèrent encore trop pour administrer une quelconque preuve.

En France : des signaux qui convergent, mais des études représentatives encore à mener

La France n'est pas en reste. Plusieurs études y ont été réalisées depuis le milieu des années 70, notamment par Coblenz autour des aéroports franciliens, notamment avec pour variable maîtresse la prescription/consommation de médicaments. Il est encore difficile de conclure à une liaison causale entre bruit et consommation de médicaments, et d'interpréter parfois les résultats. Trop de facteurs extérieurs perturbent les corrélations possibles.

Par exemple, une enquête longitudinale, pilotée par Coblenz (1988), a été menée sur un panel de 1 200 personnes, 400 étant situées à proximité de Roissy, 400 près d'Orly et 400 dans une zone témoin. Cette enquête concernait la période allant de 1973 à 1985. La consommation médicamenteuse était recensée grâce aux dossiers de la CNAM. Il a été noté aucune différence significative entre les zones de bruit et celle de non-bruit tant en termes de consultations, prescriptions qu'en termes de nombre de sujets hospitalisés (hors des accidents du travail) ou de durée moyenne d'hospitalisation. L'incidence du bruit sur le poids des nouveaux-nés avait aussi fait l'objet d'attention (1992) mais sans qu'il soit possible d'interpréter les résultats, trop de facteurs extérieurs venant perturber les corrélations possibles.

Toutefois, des différences d'état de santé entre les individus très exposés au bruit et ceux qui le sont moins ont depuis lors été mises en évidence autour de Roissy CDG. Une étude transversale (ETADAM, cf. Cohen, Mosnier, 1999 et Vallet, Cohen, 2000) sur des populations adultes, exposées ou non au bruit de l'aéroport de Roissy, a mis en évidence quelques différences de santé psychique entre les individus très exposés et ceux qui le sont moins. L'indicateur utilisé fut la prescription de médicaments à visée neuropsychiatrique. L'étude a choisi de recourir aux médecins généralistes exerçant dans différentes communes autour de Roissy - lesquelles ne subissent pas les mêmes niveaux d'exposition sonore - pour remplir avec 600 patients un questionnaire de santé. Ce dernier ne se focalisait pas sur le bruit des avions, mais sur la question du stress, d'où une prise en compte de toutes les sources possibles.

Dans les zones très exposées au bruit, il a été constaté une augmentation du nombre de prescription de tranquillisants, d'antidépresseurs ou de médicaments pour les nerfs ainsi qu'une hausse des signes d'angoisse. A l'inverse, la fréquence de prescription des médicaments à visée digestive et le nombre de cas d'hypertension artérielle ne sont pas apparus comme singuliers.

La même année, une autre étude sur la consommation de médicaments (Coblenz, 2000), de nouveau à partir des données obtenues auprès de la CNAM, fut effectuée selon le principe exposé / non exposé sur Roissy et Orly (1 000 personnes). Quatre communes de chaque aéroport ont été sélectionnées selon leur exposition au bruit (forte, moyenne, faible, multiple...). Les indicateurs utilisés ont été le nombre de consultations de médecins (généralistes et spécialistes), les prescriptions médicales, les accidents du travail et les arrêts maladies. Les résultats stipulent pour Orly (et non pour Roissy) que le nombre de consultations et de prescriptions est plus élevé (tests significatifs) dans les communes d'enquête que dans les espaces témoins (pas ou très peu exposés).

2.1.2. Les troubles du sommeil et l'enjeu des vols de nuit : des résultats significatifs

Bruit et troubles du sommeil en général

Dans la problématique aéroportuaire, la question des vols de nuit est particulièrement prégnante. Ce sujet fait l'objet de fortes revendications associatives, voire parfois d'élus, dans plusieurs aires aéroportuaires : demande de couvre-feu, modulation des trafics selon différentes plages horaires, déviation des trajectoires d'approche, interdiction d'utilisation de certains aéronefs... Dans nombre de cas, la justification avancée est d'ordre sanitaire, particulièrement les troubles associés au sommeil. Toutefois, peu de travaux renseignent précisément de tels troubles autour des aéroports (*infra*).

Pourtant, si certains documents provenant d'autorités établies estiment improbables les liens entre le bruit nocturne, les troubles du sommeil et les effets sur la santé (cf. Smith, Rich, 2002), plusieurs résultats de recherches scientifiques menées d'assez longue date sur la question indiquent des liens potentiels forts. Comme souligné par Porter *et al.* (2000), le bruit perçu la nuit est plus intrusif que celui entendu le jour (cité in Muzet, 2002b). Mais, ceci concerne au premier chef les bruits d'environnement. Dans ce cadre général, des effets immédiats (ou primaires), c'est-à-dire observés quelques secondes après l'exposition au bruit, et des effets secondaires, c'est-à-dire observés après le réveil et pouvant se prolonger, sont reconnus (Muzet, 2002b).

Au titre des effets primaires avérés, on trouve des difficultés d'endormissement, un sommeil plus léger, de nombreux éveils durant la nuit et aussi une arythmie cardiaque et des mouvements accrus du corps (Muzet, 2002a et b ; Marneffe (de), 1997). Porter des boules auriculaires la nuit, fermer les fenêtres en été, isoler son habitation, avoir des difficultés de communication (téléphone, télévision, musique) et un malaise psychologique général manifestent pratiquement de tels effets, de même dès lors que de se considérer comme bien plus sensible au bruit, avec des effets dits de « contagion » à d'autres moments de la journée, dans d'autres contextes d'exposition... Nous entrons alors dans la catégorie des effets secondaires.

Les effets secondaires, plus difficiles à évaluer du fait de la grande variabilité de leur latence d'apparition, correspondent à une mauvaise qualité subjective du sommeil, une somnolence diurne, un besoin de repos compensateur en journée, une diminution des performances le jour suivant la nuit perturbée (Muzet, 2002b ; Wilkinson & Campbell, 1884).

Les conséquences somatiques à long terme de ces troubles du sommeil sont encore sujettes à discussion et à recherche (WHO - Regional Office for Europe, 2004). Toutefois, si nous savons qu'un phénomène d'habituation peut être observé après quelques temps d'exposition nocturne au bruit, il reste toujours incomplet au niveau physiologique (AFSSE, 2004). En outre, la moindre qualité du sommeil, voire sa privation, sont fréquemment associées à un risque accru d'accidents et de blessures. La diminution du temps de sommeil étant considérée comme le problème essentiel (Mazet, 2002b, Schreckenber, Meis, 2006) en ce qu'elle peut être la cause d'une diminution des performances, d'altération de la motivation, de fatigue et ses effets de somnolence, qui peuvent quant à elles entraîner, de fait, un sentiment de frustration, d'anxiété et conduire à des conflits au travail (multiplication des erreurs, diminution de la vigilance, ralentissement intellectuel). « *A plus long terme, ces troubles de sommeil peuvent nuire à l'efficacité au travail, à l'apprentissage (surtout durant l'enfance), à la capacité de conduire...* » (ORS-IAURIF, 2005, p. 2).

Pour ce qui concernant maintenant l'ensemble de ces effets du bruit nocturne (primaires comme secondaires), il faut noter que la probabilité de réaction au bruit durant le sommeil est davantage déterminée par la différence entre le niveau sonore d'un événement isolé que par le niveau sonore équivalent total. Ici, des mesures électro-physiologiques (fréquence cardiaque, électro-encéphalographie...) ainsi qu'auto-évaluative (appréciation de la qualité du sommeil

par questionnaire) existent pour par exemple juger de ces réactions et de leur imputabilité aux bruits émergents.

Le cas du bruit des avions : des résultats étrangers probants

En ce qui concerne les bruits imputables aux trafics aériens la nuit, des recherches et/ou études, encore peu nombreuses et très récentes, identifient aussi assez clairement une relation entre bruit des avions et troubles du sommeil (Hume, 2003 ; Basner *et al.*, 2001, 2004).

L'une des plus robustes d'entre elles est sans conteste l'étude HYENA (*Hypertension and Exposure to Noise near Airports*). Ce travail visait à mesurer l'impact sur la tension artérielle et les maladies cardiovasculaires du bruit généré par les trafics aériens et la circulation routière induite auprès de plus de 4 800 personnes vivant depuis au moins 5 ans autour de 6 aéroports européens majeurs (Babisch *et al.*, 2005). Des effets sur la pression sanguine et l'hypertension y ont été démontrés. En effet, les résultats de cette étude indiquent clairement et de manière robuste un risque élevé d'hypertension liée principalement à une exposition au bruit des avions la nuit, mais également au trafic routier journalier. L'étude HYENA a également établi une relation entre le bruit des avions subit la nuit et une augmentation de la pression sanguine (Haralabidis *et al.*, 2008).

De même, au titre cette fois-ci des effets plus secondaires, une étude menée autour de l'aéroport de Schiphol sur 418 adultes a montré que des personnes exposées depuis longtemps à des niveaux de bruit relativement faible la nuit sont dès lors plus sensibles aux événements sonores que les personnes vivant dans des zones plus bruyantes (phénomènes de contagion, *supra*). D'autre part, l'exposition nocturne au bruit des avions à long terme est corrélée à la prévalence de la gêne due aux vols de nuit et au nombre de plaintes décrites comme liées aux effets du bruit des avions sur la santé (« *The prevalence of nighttime aircraft noise annoyance and number of health complaints were associated with long-term nighttime aircraft noise exposure* ») (Passchier-Vermeer *et al.*, 2002). Nous revenons longuement sur cette question de la gêne dans le Chapitre 2 de cette même partie.

En France, mais avec moins d'ambition scientifique, l'étude INSOMNIA (cf. Nérome, Bouée, Enjalbert, Lainey, 2004) s'est par exemple proposée d'apporter quelques éléments d'appréciation concernant l'affectation de la qualité du sommeil pour cause de bruit des avions autour de Roissy CDG. Cette étude, menée pour le compte d'une association de riverains de Roissy CDG (Advocnar) et du Collectif Santé Nuisances Aériennes, a été accomplie par des médecins de l'hôpital européen George Pompidou sur la question spécifique des perturbations du sommeil et des troubles anxio-dépressifs chez les personnes vivant sous les couloirs aériens. Elle a été réalisée selon une méthodologie Exposé / Non exposé auprès de 1 000 individus et à partir de questionnaires répondant aux normes internationales : un premier correspondant au *MOS Sleep* (pour juger de la durée et de la difficulté de l'endormissement, de la suffisance du sommeil...), un second répondant au profil de santé de Duke (mesure de la santé physique, mentale, sociale, de l'anxiété, de la dépression), un troisième plus général (*Global Health Questionnaire*).

Concrètement et très synthétiquement, ses résultats indiquent un impact sanitaire du bruit des avions sur le sommeil et la santé en général, impact plus marqué chez les hommes, les sujets âgés et les personnes qui habitent depuis plus de 10 ans dans les zones soumises au bruit.

2.2. Les impacts sanitaires sur les enfants autour des aéroports : un groupe particulièrement vulnérable

Les enfants, qui sont à une période critique du développement de l'organisme, ont une faible capacité à se protéger des agressions environnementales. A ce titre, ils sont considérés comme une catégorie de la population particulièrement vulnérable aux effets du bruit (Cohen *and al.*, 1981; Evans *and al.*, 1995 ; Evans, Maxwell, 1998 ; Haines *and al.*, 2002 ; AFSSE, 2004 ; CAREPS, DRASS Ile-de-France, 2005 ; OMS - UNECE, 2004). Cependant, les conséquences du bruit sur l'état de santé des enfants ont encore peu été étudiées, en France notamment. A l'étranger, malgré la persistance d'incertitudes, des études épidémiologiques indiquent des effets sérieux affectant le fonctionnement cardiovasculaire et hormonal, l'apprentissage scolaire, l'état psychologique et le comportement des enfants.

2.2.1. Les effets physiques du bruit des trafics aériens sur la santé des enfants

Chez les enfants exposés au bruit, on constate un taux d'hormones du stress et une tension artérielle élevés (Babisch, 2000 ; Muzet, 2002 ; Marneffe (de), 1997), et une corrélation statistique a pu être établie pour les pressions sanguines des enfants habitant dans des zones très bruyantes autour des grands aéroports (Cohen *et al.*, 1981 ; Hygge, 1993 ; Morell, 1998 ; Hygge *et al.*, 2002 ; Stansfeld *et al.*, 2003), comparés aux enfants non exposés.

Le bruit des avions semble en fait bien avoir une influence sur le système hormonal des enfants en lien avec le stress généré (AFSSE, 2004). Le stress, en réaction au bruit, est un élément déclencheur de modifications hormonales. Il peut notamment agir au niveau du taux de cortisol (hormone qui révèle une agression de l'organisme et des défenses immunitaires) (*op. cit.*). La présence d'hormones de stress a notamment été décelée en plus grande quantité chez des enfants soumis au bruit des avions (Evans, Bullinger, Hygges, 1998). Les résultats d'une étude conduite lors de l'ouverture du nouvel aéroport de Munich montrent que des enfants nouvellement exposés possèdent des taux élevés d'hormones liées au stress, lequel serait en relation à l'augmentation de la pression artérielle (Hygge, Evans, Bullinger, 1996). D'autre part, tout organisme soumis à une agression répétitive peut connaître une réduction de ses capacités immunitaires ainsi qu'une fragilité accrue de son organisme à diverses agressions. Ainsi, le bruit peut-il rendre des individus plus sensibles à d'autres nuisances au travers du stress qu'il génère.

Concernant maintenant les effets sur le système cardiovasculaire, causés notamment par les troubles du sommeil liés au bruit (modification de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque, vasoconstriction...), ils sont assez méconnus chez les enfants. Cette population semble *a priori* moins sensible aux bruits nocturnes que les adultes dans la mesure où ils ne se plaignent pas de souffrir de troubles du sommeil et ils réagissent peu aux perturbations sonores une fois endormis (AFSSE, 2004). Cependant, cette moindre sensibilité ne serait qu'apparente car se plaindre dépend de la capacité à évaluer son propre état de santé. En fait, si les enfants ne se plaignent généralement pas du bruit, ils ne connaîtraient pas pour autant une adaptation physiologique, mais seulement une adaptation perceptive (Evans, Bullinger, Hygges, 1995 ; Haines *et al.*, 2001 ; Haines *et al.*, 2002). En outre, l'affectation du sommeil des enfants interviendrait à des niveaux d'exposition nocturne plus élevés que chez l'adulte (Stansfeld *et al.*, 2005).

En fait, quelques études se sont penchées sur les troubles du sommeil chez les enfants, mais leurs résultats demeurent divergents. Néanmoins, les organismes nationaux et internationaux de la santé indiquent que les enfants exposés au bruit durant leur sommeil ont plus de risques d'avoir des problèmes cardiovasculaires et d'hypertension sur le long terme (OMS-UNECE, 2004 ; AFSSE, 2004). Une augmentation de la pression sanguine a d'ailleurs été montrée chez

ceux vivant autour d'aéroports dans des zones très bruyantes (supérieur à 60 dB(A) exprimé en L_{den}) (Morelle, 1998 cité in AFSSE, 2004, Evans, Bullinger, Hygges, 1998 ; Hygge, Evans, Bullinger, 1996 ; Cohen, Evans, Krantz, Stokols, Kelly, 1981). L'OMS mentionne également que les risques de migraine sont 120 % supérieurs chez les enfants dont le sommeil est perturbé par le bruit par rapport à ceux qui dorment en toute tranquillité (Bonnefoy, Braubach, Moissonnier *et al.*, 2003).

Pour le long terme, des études épidémiologiques ne fournissent aucune conclusion définitive (hypertension, maladies cardio-vasculaires), les mécanismes biologiques à l'œuvre demeurant mal connus.

2.2.2. *L'altération des capacités intellectuelles des enfants soumis au bruit des trafics aériens*

Le cas des enfants occupe aussi plusieurs études portant sur l'attention, l'apprentissage de la lecture, la compréhension de ce qui est lu et la mémoire à long terme. Il en ressort principalement que l'apprentissage des acquis fondamentaux et le développement cognitif des élèves, notamment dans les tâches requérant la compréhension du langage (compréhension de la parole, réalisation de tâches complexes, apprentissage de la lecture) seraient impactées. Depuis 20 ans, des relations de cause à effet ont été identifiées (Green, Pasternack, 1982 ; Chen et Chen, 1993).

Le bruit des avions conduit d'abord à une altération de la compréhension de la parole et de l'acquisition du langage. Il provoque des interférences dans l'émission et la compréhension du discours de l'enseignant, ce qui empêche de bons apprentissages (FICAN, 2000 ; Stansfeld *et al.*, 2005). Les interruptions régulières perturbent d'autre part l'écoute et la reconnaissance auditive des enfants (Stansfeld *et al.*, 2005 ; Haines *et al.*, 2002), alors qu'en période d'apprentissage du vocabulaire et de la lecture, ils ont un besoin particulier de bonnes conditions d'écoute (AFSSE, 2004).

Une difficulté à réaliser des tâches complexes a également été mise en évidence. Les bruits environnants peuvent effectivement avoir une grande influence sur la manière dont l'information est traitée, retenue et mémorisée (Stansfeld *et al.*, 2005). Ainsi, les tâches complexes qui font appel à des capacités d'attention régulière et soutenue, de concentration, de motivation ainsi que de mémorisation sont particulièrement affectées par le bruit des avions. Il a aussi été montré que dans des situations exigeant de la persévérance (ex : réalisation de puzzle plusieurs fois de suite), les enfants exposés à un bruit chronique comme le passage d'avions manifestent moins de motivation que des enfants moins exposés (Matheson *et al.* cité in OMS-UNECE, 2004). Par ailleurs, apprendre dans un environnement sonore perturbé par des bruits imprévisibles et incontrôlables conduit les enfants à construire leur apprentissage avec un sentiment d'impuissance, dû à l'absence de maîtrise sur leur environnement [Cohen, 1980 cité in OMS-UNECE, 2004 ; FICAN, 2000 ; Haines *et al.*, 2001]. Ce sentiment étant susceptible d'influencer fortement en retour leur motivation.

En outre, des difficultés d'attention, de concentration et de mémorisation de messages complexes ont été relevées chez des élèves exposés. Les messages porteurs d'idées nouvelles, de vocabulaire inhabituel demandent effectivement plus d'efforts de concentration et nécessitent une mémorisation plus grande. Les passages d'aéronefs réduisent ces capacités par les incompréhensions régulières du message de l'enseignant qu'ils provoquent. L'attention serait plus particulièrement perturbée par des événements sonores de forte intensité comme l'atterrissage et le décollage des avions (Cohen *et al.*, 1981 ; Hygge, Evans, Bullinger, 1996 ; Evans, Bullinger, Hygge, 1998 ; Haines *et al.*, 2001 ; Haines *et al.*, 2002).

Surtout, la littérature scientifique fait unanimement état d'un retard dans l'apprentissage de la lecture chez les enfants exposés au bruit des avions à l'école. Ce phénomène s'explique par la correspondance qui existe entre lecture et langage. Lire dépend effectivement de la perception, de la mémoire et de la conscience des sonorités du langage, qui sont des processus facilement entravés par le bruit ambiant (Stansfeld *et al.*, 2005). Ainsi, dans une étude conduite autour de l'aéroport Heathrow de Londres auprès de 128 enfants de 9 ans soumis à des niveaux élevés de bruit d'avion (jusqu'à un survol toutes les 90 secondes avec un niveau sonore supérieur à 66 dB (A) exprimé en niveau moyen L_{Aeq}), le retard de lecture observé pouvait atteindre 6 mois (Haines *et al.*, 2001).

Le projet européen RANCH (*Road Traffic and Aircraft Exposure and Children's Cognition and Health : Exposure – Effect, Relationships and Combined Effects*) visait à élargir les champs d'investigation, s'intéressant aux effets de la multi-exposition (sources combinées, mixtes ou simultanées) via une étude transversale et internationale auprès d'enfants de 9-10 ans vivant autour de trois aéroports importants à Amsterdam, Madrid et Londres (Stansfeld, Berglung *et al.*, 2005 ; Clark, Stansfeld, Haines, Tamuno, Davies, van Kempen, Lopez-Barrio, 2005). Cette étude se concentrait sur l'exposition au bruit à l'école (sans prendre en compte l'exposition potentielle à leur domicile) et utilisait des techniques de mesures du bruit différentes selon les pays. RANCH a confirmé une corrélation linéaire entre bruit des avions et dommages sur la compréhension de la lecture, mais les troubles de mémoire se sont révélés moins significatifs pour l'exposition au bruit des avions que pour le bruit routier.

Précisons toutefois que les études conduites à ce jour semblent mettre en avant la réversibilité de ce retard lorsque l'exposition au bruit des avions cesse (OMS-UNECE, 2004 ; FICAN, 2000 ; Evans, Bullinger, Hygge, 1998). Les capacités de lecture et de mémorisation à long terme ne seraient donc pas altérées irrémédiablement. La réversibilité semble en fait dépendre en partie du stade d'apprentissage de la lecture dans lequel se trouve l'enfant (Hygge *et al.*, 2002 cité in OMS-UNECE, 2004) et de la durée d'exposition. D'ailleurs, si l'OMS admet que plus l'exposition est longue, plus graves sont les dommages, elle estime aussi ne pas disposer d'informations suffisantes pour pouvoir déterminer des valeurs guides spécifiques.

Ainsi a-t-il été principalement montré jusqu'à ce jour que, chez les enfants (et chez les travailleurs), le bruit des avions peut compromettre l'exécution de tâches cognitives (lecture, attention, résolution de problèmes, mémorisation) avec les conséquences prévisibles sur la performance scolaire (Haines *et al.*, 2002; Evans and Stecker, 2004; Stansfeld *et al.* 2005; Evans *et al.*, 1995). Le bruit affecte donc le développement cognitif des élèves et les écoles exposées au bruit ne sont pas considérées comme des contextes d'apprentissage appropriés et sains (Haines, Stansfeld, 2001).

2.2.3. Les effets psychologiques et sociologiques du bruit des trafics aériens sur les enfants scolarisés

Les effets psychologiques du bruit sur les enfants sont délicats à mesurer du fait de leur difficulté à évaluer et exprimer leur propre état de santé (OMS-UNECE, 2004). Sans une méthodologie normalisée d'évaluation, l'état de santé psychique est jugé difficilement mesurable (Haines, Stansfeld, 2001). Mais certaines analyses sont moins circonspectes, quelle que soit la population observée (cf. Hiramatsu et Yamamoto pour une étude de base militaire aérienne, 1997). Et, la plupart des études font d'ores et déjà état d'une gêne et d'un stress perçus, notables, face à une exposition chronique au bruit des avions (Stansfeld *et al.*, 2004 ; Evans, Bullinger, Hygge, 1998 ; Haines *et al.*, 2001). La gêne s'avère réelle chez les enfants exposés chroniquement au bruit des avions : ils expriment un désagrément significatif, et des ressentis cohérents avec ceux des adultes (irritation, colère, peur) (OMS-UNECE, 2004 ;

Stansfeld *et al.*, 2004 ; Haines *et al.*, 2002 ; Evans, Bullinger, Hygge, 1998 ; Hygge, Evans, Bullinger, 1996 ; Haines *et al.*, 2001). Le bruit des avions est d'ailleurs reconnu comme la nuisance environnementale la plus gênante pour les enfants par rapport aux autres bruits et charges environnementales des transports en général (Bullinger *et al.*, 1997 cité in OMS-UNECE, 2004).

La gêne dépend aussi de la capacité individuelle à connaître et exprimer les effets du bruit sur sa propre santé. Or, il est difficile d'évaluer ce phénomène chez les enfants car ils n'expriment pas de réaction de gêne au bruit comme peuvent le faire les adultes. Ils sont donc une population particulièrement vulnérable (AFSSE, 2004). Précisons que certains enfants sembleraient néanmoins mieux armés contre la gêne lorsqu'ils possèdent une forte capacité psychologique de récupération (OMS-UNECE, 2004 ; Stansfeld *et al.*, 2004), qui correspond à leur capacité à apprécier un environnement reconfortant, et à créer des sentiments plaisants.

En termes de santé psychique, les nuisances aériennes ne semblent pas générer de troubles chez les enfants : les études menées autour de l'aéroport d'Heathrow à Londres par exemple, n'en décèlent pas (Haines *et al.*, 2002 ; Haines *et al.*, 2001). Le bruit des avions ne serait pas non plus à l'origine de dépression ou d'anxiété chez les enfants. Cependant, si le bruit n'affecte pas directement l'équilibre psychique, il semble plutôt exacerber les troubles psychologiques existants (anxiété, introversion) ou des états d'esprit négatifs (irritabilité, contrariétés) (AFSSE, 2004). Par contre, l'exposition au bruit des avions est subjectivement stressante pour les enfants : chroniquement exposés, ils ont des niveaux de stress déclaré plus élevés (Haines *et al.*, 2001) et des états de détresse psychique ont même été révélés dans une étude conduite en 2003 (Haines & Brentnall, 2003 cité in AFSSE, 2004).

En outre, le bruit des avions a des effets les attitudes et le comportement social des enfants : il provoque des troubles de comportement en classe, particulièrement lorsque les tâches requises sont plus complexes et nécessitent une attention accrue (*supra*). Ainsi, des états plus marqués d'agressivité, d'irritabilité, de fatigue et d'agitation psychomotrice se manifestent chez des élèves exposés aux nuisances sonores aériennes (Moch cité in AFSSE, 2004 ; Hygge, Evans, Bullinger, 1996). Il a également été remarqué que les enfants exposés étaient significativement plus hyperactifs (AFSSE, 2004 ; Haines *et al.*, 2002). Ces troubles du comportement concourent à détériorer tout à la fois le climat social en classe, notamment par une recrudescence de conflits, de heurts ou de bagarres (Hygge, Evans, Bullinger, 1996 ; Haines *et al.*, 2001), et affectent la motivation d'apprendre, avec une baisse de la participation et un désintéressement accru.

Par-delà le seul bruit des avions, il a donc surtout été démontré à ce jour que, à l'école, un bruit élevé peut altérer les performances cognitives (Bistrup *et al.*, 2001), affaiblir la capacité mémorielle et l'apprentissage des savoirs élémentaires comme la lecture. Dès lors, les difficultés d'apprentissage liées au bruit des avions sont-elles couplées à des effets physiologiques qui peuvent agir durablement sur le bien-être des enfants et leur qualité de vie, d'autant plus que ces conséquences physiques peuvent être générées et accentuées par des réactions psychologiques comme la peur et le stress (AFSSE, 2004).

2.3. Des incertitudes surmontables pour l'aide et la prise de décision

Comme déjà suggéré, quelques incertitudes subsistent pour établir des relations directes ou indirectes de cause à effet, linéaire ou non : un différentiel persiste entre des résultats de laboratoires produits à partir de protocoles de recherche bien établis et les relevés sur le terrain, notamment pour ce qui concerne les effets sur le sommeil. Les paramètres qui peuvent induire une confusion sont difficiles à sérier dans le détail et avec exhaustivité, et

demanderaient que les pathologies personnelles et leur processus de développement soient mieux connus afin de déterminer plus systématiquement les liaisons statistiques.

Nombre de pouvoirs publics se sont longtemps abrités derrière de telles incertitudes persistantes, voire des controverses entre experts, pour retarder la mise à l'agenda politique de ce problème. La France a d'ailleurs avec cet argument, comme quelques autres pays, accusé un retard important dans la recherche sur de telles conséquences sanitaires. Les pouvoirs publics ont ainsi longtemps reproché aux recherches et études leur prétendu manque de significativité, jugeant les corrélations trop incertaines.

Pourtant, « (si) *une mesure chiffrée de l'exposition (est) difficile, (si) aucune méthode de mesure standardisée (n'est) disponible pour certains indicateurs sanitaires (ex. de santé mentale), (si) l'intervention des tiers-facteurs, ex. socio-économiques, pas toujours pris en compte dans les études, ne permettent pas de quantifier la totalité des effets sanitaires du bruit, (les résultats disponibles) offrent cependant des indications pour le développement de stratégies de prévention* » (Camart, Lefranc, 2004).

Ainsi, s'il est nécessaire de reconnaître les limites de certains travaux, il est aussi possible d'en retirer la partie la plus immédiatement exploitable : le sens qualitatif des effets pointés, et non toujours pleinement démontrés. La complexité des phénomènes n'est pas une justification suffisante à l'invalidation des résultats déjà produits. Les effets sanitaires du bruit, comme la gêne sonore (Chapitre 2), sont des phénomènes multidimensionnels et vouloir isoler et pondérer chaque paramètre pour commencer à agir s'apparente plus à une illusion mathématique, qu'à une entreprise scientifique de compréhension. Dès lors, loin d'être si contradictoires que cela, les avis d'experts s'étirent depuis « *l'évidence actuelle est suffisante* » (Passchier-Vermeer, 1993) jusqu'à « *rare sont les études rigoureusement contrôlées* » (Porter, 1998) en passant par « *certaines des liaisons causales entre bruit d'environnement et effets à long terme ne sont pas encore prouvées, ce qui rend alors plausible qu'un excès de bruit puisse contribuer à ces derniers* » (Griefahn, 2004).

De surcroît, au fil des années les études épidémiologiques ont amélioré leurs méthodologies, en corrigeant nombre des imperfections reconnues. Avec l'amélioration de la connaissance de certains phénomènes et de l'origine de plusieurs affections, les facteurs de confusion sont plus sérieusement relevés et neutralisés dans les traitements statistiques. D'ailleurs, de tels facteurs sont plutôt des paramètres effectifs de la réalité, plutôt que seulement des freins à la compréhension (Hollander, 2004, p. 40). Par exemple, puisqu'il tend à être démontré qu'une association étroite existe entre le statut socio-économique et la faible qualité de l'environnement (ayant fait naître la problématique des inégalités et de la justice environnementales aux abords des autoroutes, zones industrielles... cf. Partie 2), pourquoi vouloir considérer que le facteur « statut socio-économique » de l'individu infirmerait les résultats sur les effets du bruit sur sa santé ?

Pour se soustraire aux critiques, les méthodologies ont commencé à être affinées et des études se multiplient à ce jour. Comme les études RANCH et HYENA en attestent, deux types d'études se distinguent, selon des échelles de temps et d'espace : (1) les études longitudinales qui mesurent l'état de santé d'un (en l'occurrence plusieurs) sujet à un moment donné et puis plus tard à un moment t_{+1} ; (2) les études « exposé/non exposé » qui s'appuient quant à elles sur des données transversales, en appliquant un protocole à un groupe test observé dans des conditions « normales » et un groupe exposé.

Et la France n'est, depuis peu, plus en reste, notamment en ce qui concerne ce deuxième type de travaux. A ce jour, et singulièrement en Ile-de-France, 3 enquêtes épidémiologiques sont soit programmées, soit en cours de réalisation (cf. Introduction générale). Toutefois, comme

les critiques adressées à la psycho-acoustique pour la gêne (Chapitre 2), il faut peut-être aussi interroger les méthodes épidémiologiques.

Recourant à des énoncés, à une problématisation et à des protocoles de recherche dans lesquels l'administration de la preuve est hypothético-déductive, la dosimétrie fait partie intégrante de ces méthodes : diagnostics acoustiques, seuils d'évaluation, normes de respect. Sélectionner telles méthodes et/ou tels procédés de mesure implique donc toujours un choix normatif qu'il ne faut pas négliger. En outre, en privilégiant la dosimétrie par l'acoustique, les résultats auront beaucoup de difficultés à révéler précisément le poids de facteurs non acoustiques (ex : histoire sanitaire de l'individu). Le risque en général, et sanitaire en particulier, ne sont pas des phénomènes univoques, nécessairement calculables et répondant à une chaîne causale entièrement intelligible ; ils constituent aussi une construction sociale. Sans pour autant infirmer l'existence de relations fortes entre phénomènes sonores et impacts physiques (Smith *et al.*, 2002), il est donc essentiel de croiser les résultats obtenus avec d'autres approches, d'autres champs disciplinaires. Il ne faut pas uniquement adopter une approche dose sonore - effet physiologique pour comprendre les enjeux sanitaires de l'exposition au bruit. C'est, outre l'approfondissement épidémiologique, ce que la littérature recommande de plus en plus comme effort.

Appréhender dans toute leur amplitude les impacts humains des phénomènes sonores nécessite d'y inclure :

- certes plusieurs paramètres acoustiques (intensité, durée, variabilité, spectre... sonores) ;
- de poursuivre les efforts d'investigation et parfois de validation de l'occurrence d'effets physiques (résultats d'abord importés du champ des transports routiers avec des effets à court terme largement reconnus - tension artérielle modifiée, rythme cardiaque augmenté, stress sécrété ; et, concernant les avions en particulier, des effets sur le sommeil, sur les capacités d'apprentissage des enfants...) ;
- mais aussi de considérer que le ressenti du bruit intervient, donc que la cognition et ainsi que les seuils de tolérance, les réactions physiologiques... dépendent aussi de la psychologie des individus, de représentations sociales, de normes d'actions...

Cette recommandation se retrouve aussi d'assez longue date maintenant, et ce de manière vive, lorsqu'il s'agit d'un autre effet sanitaire du bruit des avions : la gêne sonore (autrement définie comme une nuisance importante pour les populations). L'Organisation Mondiale de la Santé, rappelons-le, inclus pleinement cette nuisance dans ses attributions, véritable composante de la définition qu'elle donne de la santé (pour rappel : « *Etat total de bien-être, à la fois physique, psychique et social* », Organisation Mondiale de la Santé, 1948).

Il est vrai que, non seulement, des liens entre gêne sonore ressentie et effets sur la santé ont pu être mis en lumière (*supra*), mais surtout que cette même gêne suscite directement de multiples désagréments, source d'insatisfactions et de mal-être. La gêne sonore, le plus souvent dénommée « nuisances » dans le monde social, et « bruit » dans le monde technique (alors même que ce ne sont généralement que les phénomènes sonores et leur métrologie qui y sont vraiment considérés), implique la santé psychologique et le bien-être social, donc mêle étroitement la physique des sons (acoustique), les perceptions, représentations ainsi que les réactions sociales induites.

Plus largement, il n'est plus discuté, en tout cas dans le monde scientifique, que les phénomènes d'environnement ont des conséquences tant sur la santé physique que sur le confort psychologique des populations (Lee, Fleming, 2002), et leur bien-être social.

Or, comme nombre d'enquêtes de gêne sonore réalisées sur les 20 dernières années en France et à l'étranger le rappellent, cette gêne représente à ce jour le premier des effets environnementaux des trafics aériens débattus entre acteurs. Même si, comme nous l'avons indiqué en introduction, le thème des impacts du bruit sur la santé des personnes et les débats aéroportuaires s'orientent rapidement vers les effets plus physiques (accompagnés de demandes d'observation et de suivi, par exemple des effets des vols de nuit ou encore, de plus en plus, sur la santé de populations fragiles), la gêne sonore occupe toujours une place centrale, comme en atteste de récentes initiatives évaluatives autour d'aéroports (ex : Francfort Rhin-Main).

Quelles sont dès lors les connaissances scientifiques à ce jour disponibles en la matière ?

3. Gêne et nuisances sonores dues au bruit des avions : une importance établie, mais la nécessité de démarches interdisciplinaires

Les idées force à retenir de ce chapitre sur la gêne et les nuisances sonores dues au bruit des avions

1. D'une manière générale : une gêne sonore très importante autour des aéroports

=> La gêne sonore est considérée par l'Organisation Mondiale de la Santé comme un problème de santé (Santé : « *Etat total de bien-être, à la fois physique, psychique et social* », OMS, 1948) ; il n'est plus discuté, en tout cas dans le monde scientifique, que les phénomènes d'environnement ont des conséquences tant sur la santé physique que sur le confort psychologique des populations, et leur bien-être social ;

=> Plus d'une 10^{aine} d'études d'envergure sont à recenser en Europe sur les 10 dernières années (Amsterdam Schiphol, Francfort Rhin-Main...), dont 2 en France, autour de Roissy CDG et d'Orly (sans compter une très tôt réalisée : années 1970) ;

=> Il en ressort globalement : un niveau très important de gêne sonore (en général 50 % des échantillons de populations riveraines enquêtées) voire croissant (mais trop rares études longitudinales, cf. ci-dessous), autour de nombre d'aéroports ; suivant en cela certainement aussi une sensibilité croissante au bruit en général, avec toutefois comme autre fait scientifique que, à même intensité sonore, le bruit des avions est plus gênant ; donc que ce bruit demeure donc la 1^{ère} source de déqualification environnementale autour des aéroports, et peut aussi avoir en retour des effets sur composante plus physique et physiologique de la santé.

2. Le manque de certains renseignements : la quête d'explications plus subtiles de ces données relatives à la gêne sonore

=> Des désagréments qui apparaissent à des intensités sonores de plus en plus faibles, voire de plus en plus déliées des niveaux sonores ; donc un grand nombre de facteurs explicatifs, acoustiques comme non-acoustiques ;

=> Avec, dès lors, la nécessité de compléter la psycho-acoustique avec d'autres approches psychologiques (cognitive), et d'autres apports disciplinaires (sociologiques, géographiques et de sciences politiques), qui ont déjà beaucoup travaillé particulièrement en France sur les ressentis et désagréments sonores ; et de mettre en place des évaluations régulières, longitudinales (ex : Düsseldorf) ;

=> Pour tendre vers une « équation » plus multidisciplinaire de l'explication de la gêne sonore, avec identification de nombreux facteurs non acoustiques, qui, cumulés, pèsent plus que les seules caractéristiques acoustiques des sons ;

=> Ces caractéristiques individuelles (psychologiques, socio-économiques...) et celles plus collectives (bien-être ou mal-être environnementaux, facteurs d'appartenance aux quartiers, communes, représentations sociales de l'action des compagnies aériennes et des pouvoirs publics...), à forte teneur territoriale, sont d'ores et déjà autant de ressources de compréhension que de leviers pour l'action.

Concernant cette composante spécifique de la santé (déjà entrevue précédemment), les experts sont là aussi assez formels : l'interdisciplinarité doit bien plus guider la production d'informations que celle produite à ce jour, y compris en France. Il est vrai que, cette fois-ci contrairement aux impacts physiologiques par exemple, cette gêne, souvent dite « subjective » dans les discours institutionnels, a fait l'objet d'un grand nombre de travaux d'enquête (ex : une dizaine d'enquêtes de gêne en Europe sur les 10 dernières années), pour certaines s'ouvrant à différentes approches disciplinaires.

Plusieurs sciences ont alors, selon leurs fondements conceptuels et appareillages méthodologiques, développé des mesures et démarches d'analyses. Et, si elles livrent en définitive des conceptions parfois fort différentes de ce qui fait gêne, des manières dont elle se manifeste..., celles-ci donnent à voir :

- un niveau de gêne sonore jugé important voire croissant, autour de nombre d'aéroports, en premier lieu autour de ceux ayant fait l'objet d'analyses de grande envergure spatiale, voire de (rares) études longitudinales ;
- des gênes qui apparaissent à des intensités sonores de plus en plus faibles, voire de plus en plus déliées des niveaux sonores ;
- donc un grand nombre de facteurs explicatifs, acoustiques comme non-acoustiques, complémentaires pour la compréhension des désagréments sonores.

En fait, comme nous le verrons, il est dorénavant admis scientifiquement (mais moins des autorités), que les caractéristiques physiques des sons n'expliquent que partiellement ressentis de gêne, sensibilités au bruit et réactions des populations exposées. Il paraît alors essentiel d'étudier ces acquis disciplinaires selon leurs apports respectifs à la compréhension des phénomènes en cause :

- depuis les démarches de la psycho-acoustique qui traversent encore à ce jour beaucoup l'aide à la décision technique et normative aux échelles (supra)nationales (ex : Directive Européenne de juin 2002 sur le bruit dans l'environnement),
- jusqu'à la sociologie, ou encore la géographie sociale et les sciences politiques, qui ont livré plus récemment d'autres grilles de lecture pour comprendre l'évolution de la sensibilité sociale aux nuisances sonores dues aux transports, et singulièrement des avions, à des échelles territoriales plus fines ;
- en passant par la psychologie cognitive qui, à la différence fondamentale du comportementalisme de la psycho-acoustique, traite des ressentis, affects, représentations... pour comprendre ce qui fait gêne dans le vécu individuel et aussi collectif (cognition sociale).

Cette présentation disciplinaire, peut-être moins conventionnelle, permet néanmoins selon nous de dresser progressivement la liste des facteurs explicatifs de la gêne sonore liée aux trafics aériens et aux fonctionnements aéroportuaires, suivant en cela ce qui a pu être fait dans un ouvrage dédié au bruit des transports en général (Faburel, Polack, Beaumont, 2007). Cette liste recense uniquement les facteurs validés par les différentes sciences dont ces connaissances émanent, à la suite des enquêtes menées, dont certaines sont résumées ci-dessous.

3.1. Les facteurs acoustiques et psycho-acoustiques de la gêne sonore : des limites explicatives grandissantes

3.1.1. Les facteurs traditionnels de la psycho-acoustique

L'approche traditionnelle de la gêne sonore a longtemps été celle de la psycho-acoustique. Cette dernière est le fruit de la rencontre entre l'acoustique et le courant comportementaliste de la psychologie. Elle cherche, selon le principe stimuli-réactions (doses-effets), à mettre les adaptations du système auditif, les réactions sensorielles et comportementales des individus en relation avec les attributs physiques des sons. Cette approche représente à ce jour la première source d'informations scientifiques pour les décideurs, singulièrement dans le monde de l'aérien. Les écrits anglo-saxons, allemands et néerlandais sont prépondérants dans ce domaine. Miedema, Job, Fidell, Fields, Finegold et Guski sont parmi les auteurs les plus cités et reconnus dans ce domaine. La France n'est pas en reste avec les travaux de M. Vallet et J. Lambert (Institut Nationale de Recherche sur les Transports et leur Sécurité - INRETS).

Les facteurs acoustiques

Certes, les recherches en psycho-acoustique disent souvent que le bruit est un facteur de qualité de vie, que la gêne représente une réaction psychologique globale, voire une « *synthèse des effets très variés du bruit sur la population riveraine* » (Vallet, 2002, p. 26), dans laquelle un grand nombre de facteurs non acoustiques interviennent (Lambert, 2001, p. 2). Toutefois, la gêne que la psycho-acoustique cherche à mesurer permet d'abord « *de valider les indices acoustiques d'exposition au bruit* » (Vallet, *ibid.*). La gêne considérée ici est donc essentiellement dépendante des paramètres physiques des sons. C'est la raison première pour laquelle elle sert d'étalon aux indices et seuils définis par voie légale, et que la psycho-acoustique développe une posture normative qui lui est spécifique dans le monde de la recherche, avec un écho évident et compréhensible dans les instances de décision à des échelles nationales et supranationales (Commission Européenne notamment).

Dans ce premier registre, celui des facteurs physiques du son, outre l'intensité (niveaux sonores) et les paramètres spectraux du bruit (Meunier, 2001, p. 30), d'autres caractéristiques du bruit jouent un rôle important et doivent également être prises en considération pour expliquer la gêne ressentie sous l'angle acoustique (Vallet, 2002, p. 29 ; Lambert, 2001, p. 4). Les facteurs liés à la fréquence des événements sonores ou encore les périodes d'exposition jour / nuit et la durée de cette exposition (Schreckenber, Guski, Schmaus, Moehler, Schuemer, 2004) sont aussi considérés de plus en plus comme explicatifs des manifestations comportementales en lien à l'exposition sonore, particulièrement lorsqu'elle découle des trafics aériens.

Selon cette approche d'abord physicaliste de la gêne (donc plus naturaliste que sociologique), les facteurs de situation acoustique jouent aussi un rôle important sur le degré de gêne observée (Canevet *et al.*, 2005, p. 32) : les caractéristiques physiques du bâti (relatives à la qualité de l'insonorisation) et morphologiques des lieux (éloignement par rapport à la source sonore, existence d'une façade au calme...), l'exposition à de multiples sources sonores (Nathanail, 2005 ; Vallet, 2002) ou la présence de bruits de fonds (Lambert, 2001, p. 4).

Les facteurs individuels

Il existe aussi, toujours selon la psycho-acoustique, des facteurs individuels de stress, en lien à l'acuité auditive et perceptive des personnes. Miedema et Vos évoquent par exemple la sensibilité au bruit en général comme facteur de stress potentiellement influant sur la gêne déclarée par rapport à une source précise. Son évaluation est généralement laissée à la discrétion des personnes interrogées, le plus souvent selon des échelles verbales auto-évaluatives de sensibilité (Miedema et Vos, 1999, p. 6).

Inégalement analysées dans les enquêtes réalisées, les caractéristiques socio-démographiques incluent (Lambert, 2001) l'âge, le niveau de revenu, le genre, le type d'habitat et le statut

d'occupation ainsi que, par exemple, l'influence d'un travail en rapport avec la source sonore (par exemple l'aviation) comme facteur modifiant la tolérance vis-à-vis du bruit. Les recherches menées concluent à leur influence, variable selon les contextes. Si ce rôle est isolément faible (Miedema et Vos, 1999, p. 3), ces caractéristiques peuvent cependant, une fois réunies, représenter un poids explicatif comparable à celui des facteurs physiques du bruit.

Il faut citer également, au titre des facteurs abordés par les psycho-acousticiens, les effets du bruit sur les comportements, que l'on considère tout à la fois comme des expressions de la gêne (ex : taux de personnes disant devoir modifier leurs comportements du fait du bruit) et, en retour, comme des facteurs influant sur la gêne ressentie. Ainsi, la perturbation des activités quotidiennes (conversations, écoute de la télévision ou de la radio, lecture, repos, sommeil...) peut être considérée comme un élément participant de la gêne déclarée, notamment comme facteur de stress (Vallet, 2002, p. 28 ; Lambert, 2001, p. 4). L'aspect intrusif du bruit est ici avancé, mais bien plus rarement étudié, notamment en France. Si le bruit survient lors d'une activité intellectuelle, l'impression d'une diminution des performances cognitives peut entraîner un sentiment de gêne, par exemple (Boyer, Bayssié, 2001).

Les dépositaires de la psycho-acoustique s'ouvrent progressivement à d'autres paramètres, moins physiques, socio-démographiques ou strictement comportementaux. Il est vrai que les facteurs recensés jusqu'ici n'expliquent pas la totalité de la gêne déclarée. On sait par exemple que les caractéristiques physiques des sons (ex : énergie acoustique) n'expliquent en général au mieux que 30 à 35 % de l'« équation » de la gêne sonore, particulièrement lorsqu'il s'agit du bruit des avions (explication souvent inférieure à 30 %).

3.1.2 Les facteurs sociaux et sociétaux de la gêne, vus par la psycho-acoustique

Les limites de la psycho-acoustique

Ces autres facteurs sont caractérisés par leurs dimensions psychologiques et sociologiques :

- certains aspects psychologiques (l'importance de l'effet mémoire sur la gêne, la signification attribuée au bruit et à sa source sonore...) ;
- et des facteurs plus sociologiques (les représentations de l'action des pouvoirs publics, l'image sociale de la source du bruit, les attentes vis-à-vis de l'évolution du bruit ainsi que des croyances d'effets, telle que la perte de valeur du bien immobilier...).

La psycho-acoustique rassemble plusieurs de ces facteurs sous la dénomination commode de facteurs cognitifs d'impuissance (dits « *helplessness* » en anglais : les gens sont gênés parce qu'ils ne peuvent rien faire pour améliorer leur situation), ou de facteurs d'attitude (sensibilité au bruit, peur de la source, incapacité à surmonter, à faire face au bruit...).

Toutefois, nombre de ces facteurs ne sont pas du ressort de la psycho-acoustique, et donc une part a priori non négligeable de l'explication de la gêne échappe à cette discipline (Torgue, 2005 ; Djokvucic *et al.*, 2004), qui se contente de l'observer sans toujours l'insérer pleinement dans les analyses explicatives. Il est vrai que l'influence de ces facteurs et alors la « *subjectivité variable* » des individus qu'elle amène (Aubrée, 2003, p. 108) sont difficilement observables par les méthodes qu'elle met le plus souvent en œuvre (ex : enquêtes par questionnaires fermés), et par les techniques statistiques mobilisées (ex : analyse multivariée).

La psycho-acoustique cherche donc en définitive à établir un lien direct entre des facteurs aisément objectivables et les niveaux de gêne recueillis par des questionnaires courts et

fermés, sur de larges échantillons, ceci à des fins de prédiction des réactions au bruit et de suivi des normes en vigueur. Il en résulte l'importance accordée aux données strictement techniques répondant de nomenclatures (statistiques) pré-définies : intensités sonores, localisation des logements, caractéristiques socio-démographiques des ménages...

Pour que leur rôle soit analysé, ces autres facteurs requièrent en fait des regards disciplinaires et appareillages méthodologiques complémentaires. Par exemple, l'introduction d'échelles verbales, nécessaires à la déclaration du niveau de gêne, constitue pour certains un risque non négligeable de biais d'observation, du fait notamment de l'imposition de catégories sémantiques préalables (ex : que signifie une gêne qualifiée de « moyenne » pour les répondants ?). Les apports d'autres disciplines soulignent la nécessité d'utiliser des méthodes différentes de recueil d'informations sur la gêne sonore pour éviter de tels biais. Et, les dépositaires de la psycho-acoustique eux-mêmes, en admettent la nécessité, sur la base des limites qu'ils rencontrent dans l'explication de la gêne.

Un cas symptomatique des limites rencontrées par l'évaluation conventionnelle de la gêne

Ce cas est incarné par l'enquête de gêne sonore menée par L'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité – INRETS à la fin des années 90 autour d'Orly et de Roissy (Vallet, Vincent, Olivier, 2000). Achevée en 2000 pour la DGAC et la Mission Bruit de l'ex MEDD (actuel MEEDDAT), cette étude, selon leurs auteurs, « *analyse notamment de façon [...] systématique les relations entre le niveau de gêne évalué sur une échelle en dix points et toute une série de facteurs individuels ou environnementaux (qualité de vie, effets sur la santé et les conduites quotidiennes)* ». Les résultats, basés à la fois sur une enquête d'opinions et une campagne de mesures acoustiques (ACOUSTB) confirment une nouvelle fois que la gêne est très variable, ne s'expliquant que très partiellement par les indices acoustiques en vigueur, ou à venir.

L'enquête d'opinions a été réalisée à l'automne 1998 auprès d'un échantillon représentatif de la population riveraine des deux premiers aéroports franciliens (près de 1 500 personnes). Les points d'enquête et de mesure ont été choisis en fonction de leur localisation géographique par rapport à l'aéroport et aux pistes. Des lieux ont été retenus dans l'emprise des PEB et des PGS, ainsi que dans des zones plus éloignées des plates-formes, à l'extérieur des courbes. Enfin, des critères concernant le type d'habitat dominant (rural / urbain, collectif / pavillonnaire, nouveau / ancien) ont été pris en compte. Quelques points ont été retenus afin d'analyser les cas d'exposition à plusieurs sources de bruit.

L'analyse montre que 48 % des personnes interrogées se disent assez gênées ou très gênées par le bruit des avions. Cette gêne s'exprime, dans la tradition comportementaliste, par la perturbation de comportements (difficultés à suivre une conversation, à écouter la radio ou la télévision, impossibilité d'ouvrir la fenêtre la nuit...).

Concernant les facteurs explicatifs, les coefficients de corrélation entre gêne et indices de bruit sont faibles, comparables à ceux obtenus dans des études similaires antérieures, et très voisins malgré différents indices acoustiques tels que le L_{DN} , le L_{den} ou le L_{eq} . Par ailleurs, il semble que des critères spécifiques à la période nocturne et des critères géographiques, tels que la localisation des habitations par rapport à l'axe de piste, permettent d'affiner l'évaluation de la gêne ressentie par les populations. Surtout, le niveau moyen de gêne augmente avec les représentations négatives liées au bruit des avions, à l'action des aéroports, aux effets des avions sur la santé ou à la dépréciation subjective des biens immobiliers. En outre, l'action des pouvoirs publics pour limiter les effets du bruit des avions est jugée (plutôt) insuffisante par environ la moitié des répondants.

Toutefois, du fait du très faible intérêt manifesté par les auteurs pour des facteurs plus psychosociologiques, ou encore géographiques, au moment du protocole d'enquête, nombre de facteurs potentiellement explicatifs de la gêne exprimée ont été négligés, pour faire de ce travail une simple mise à l'épreuve des indices acoustiques officiels. Par exemple, le poids explicatif de la sensibilité individuelle au bruit des avions n'a pas été approfondi, alors même que, par exemple, une méta-analyse menée entre différents aéroports internationaux (Amsterdam Schiphol, Sydney, Londres Heathrow), cherchant à évaluer le rôle de la sensibilité dans les réactions au bruit environnemental, a pu montrer que, généralement, la sensibilité au bruit a une influence sur la gêne, indépendamment du niveau d'exposition au bruit (...« *after adjustment for relevant confounders* ») (Kamp et al., 2004).

De plus en plus de chercheurs issus des sciences humaines et sociales tentent d'apporter des compléments à cette approche première proposée par la psycho-acoustique. Le fait que les bruits d'environnement aient des effets non auditifs bien plus importants et fréquents que les conséquences auditives serait, selon eux, la preuve de la nécessité de compléter l'approche dose sonore - réponse de gêne privilégiée par la psycho-acoustique.

Il est en outre vrai que les solutions opérationnelles découlant de ce type de lectures (doses-réponses), notamment les seuils et normes de bruit, les outils de gestion qui en découlent (PEB et PGS)... ne semblent pas apporter la totalité des fruits escomptés en termes de bien être environnemental. En ce qui concerne les aéroports, plus on s'en éloigne plus on devrait observer une diminution des niveaux de gêne et du nombre de plaintes. Or, ils ne diminuent pas en proportion alors même que, déjà faibles, les corrélations doses sonores - réponses de gêne se réduisent encore. Par ailleurs, les conflits entre acteurs des aires aéroportuaires ne s'apaisent pas en conséquence.

3.2. Sciences humaines et sociales : des approches complémentaires pour ouvrir l'analyse aux contextes territoriaux d'exposition

De nouvelles approches en sciences humaines et sociales ont alors progressivement vu le jour depuis 1970 suggérant que : la gêne est un objet bien plus complexe que ce que la seule relation dose-réponse donne à voir (Meunier, 2001, p. 30) ; et que cette complexité a des origines multiples, notamment le contexte personnel et collectif des riverains. Les effets de ce contexte sont une explication très probable des écarts constatés entre des phénomènes sonores mis en indices acoustiques et les réactions remarquées de gêne. Surtout, ces autres facteurs explicatifs ouvrent de nouvelles voies d'actions, jusqu'ici globalement négligées par les pouvoirs publics français.

3.2.1. Les apports de la psychologie et de la sociologie

Pour les psychologues cognitivistes Dubois, Gustavino et Raimbault par exemple, la gêne est une construction cognitive, résultant des stimulations sensorielles et des connaissances acquises par les sujets sur leur environnement et non pas seulement des propriétés intrinsèques (physiques ou autres) de ces stimulations. Pour la sociologie, c'est une construction sociale (Leroux, 2003, p. 6) mêlant à la fois différentes modalités d'expression (plaintes, stratégies personnelles, adaptations comportementales, revendications, etc.) et surtout différents facteurs qui renvoient aux contextes de vie (acoustiques, sociologiques, psychologiques, etc.). Enfin, pour la géographie sociale, c'est un construit territorial, articulant trois dimensions : certes physiques (ex : les phénomènes sonores liés aux activités sources) mais aussi politiques (ex : les relations entre acteurs sont inhérentes au ressenti de la gêne) et affectives (ex : le rapport identitaire des populations à leur lieu de vie).

Comme on le voit, les conceptions de la gêne peuvent être différentes, fortement dépendantes des construits des savoirs disciplinaires. Toutefois, certains apports sont devenus des acquis, acquis qui complètent de beaucoup la compréhension de la gêne. Et remarquons que la France n'est pas en reste dans le domaine.

Tout d'abord, certains psychologues comme A. Moch montrent que des facteurs individuels d'attentes, d'habitudes, de personnalité ou d'investissement affectif, ainsi que des facteurs de situation (degré de contrôle de la situation d'exposition, contexte culturel...) modifient considérablement le ressenti de gêne et sa déclaration. Mais, malgré des différences dans les approches, en termes de méthodes et de traitements statistiques notamment (plus qualitatifs), les termes sont parfois voisins de la psycho-acoustique (facteurs de situation, attitudes...), selon toutefois des importances relatives différentes dans les approches.

Surtout, Moser, Lévy-Leboyer et Naturel ont quant à eux tôt montré que les facteurs individuels (genre, âge, personnalité...) ne rendent que peu compte des gênes exprimées (Lévy-Leboyer et Moser, 1976 ; Lévy-Leboyer et Naturel, 1991). Dans ce domaine de la psychologie, des laboratoires ont alors développé des approches interactionnistes, visant à saisir les facteurs dynamiques entre les caractéristiques de l'environnement et les caractéristiques psychologiques des sujets dans la détermination à la fois de leurs comportements et attitudes, mais aussi des représentations qu'ils s'en font. Les significations et valeurs sociales du bruit sont, dans ce registre, des facteurs à explorer.

Par exemple, puisque le sens et les représentations des sons et de leur source influent beaucoup sur la gêne déclarée, la psycho-linguistique s'efforce « *d'identifier les catégories de bruit urbains pertinentes à la fois au niveau sensible individuel et au niveau des représentations collectives en mettant l'accent sur la signification donnée au(x) bruit(s)* » (Dubois, Gustavino et Raimbault, 2004, p. 49). La gêne ne peut donc être comprise que si l'on associe une valeur sémantique aux phénomènes acoustiques, ce qui fait appel à de multiples référents : des critères de temps, de lieu, et d'activité.

Dans ce registre sémantique, deux grandes catégories sont identifiées : les événements sonores permettant de repérer des sources et des agents ; des bruits de fond qui ne permettent de repérer aucun événement particulier. Lorsqu'une source est remarquable, les auditeurs amalgament le son et sa source. Ici, si la source est identifiée comme humaine (commerce, école...), le niveau sonore est intégré à la signification de l'activité, et le bruit est plus facilement toléré, voire associé à un jugement positif, par opposition avec les bruits de circulation routière par exemple, plus anoniques. Dès lors, ces derniers, et plus largement les bruits de fond, jugés en tant qu'objets sonores autonomes sont plus directement associés à des paramètres acoustiques tels que l'intensité. Quelle conséquence pour le bruit des avions : ils sont porteurs de bien plus de sens (négatifs ou positifs), donc les paramètres acoustiques ne leur sont que faiblement associés.

Par ailleurs, outre les représentations sociales du bruit, de ses producteurs... les significations octroyées et leur évolution dans le temps, les caractéristiques situationnelles, leur degré de normalité ressentie (i.e. leur acceptation) semblent avoir également une grande influence sur la gêne déclarée. La variation de la gêne est ainsi fonction de l'évaluation que l'individu fait de son environnement global et de son évolution. Or, cette évaluation découle en partie de son histoire personnelle (Lévy-Leboyer et Moser, *op.cit.*), de son passé sonore, de l'évaluation globale qu'il fournit de son habitat, de sa satisfaction résidentielle... Bref, d'autres facteurs de situation mais aussi des parcours individuels interviennent dans le désagrément généralement déclaré à domicile, toutes choses qui ne sont pas prises en compte dans les enquêtes psycho-acoustique.

Pour la sociologie urbaine et environnementale maintenant, les phénomènes sonores sont en général définis aussi positivement, comme pouvant aussi participer d'ambiances et donc de l'identité de lieux. Selon les tenants de cette analyse, et notamment les architectes-sociologues français, l'environnement sonore forge des ambiances qui conjuguent trois niveaux de perception : acoustique, sociale et psychologique. Ceci peut évoluer pour devenir « paysage sonore », patiente construction, fortement enracinée dans la vie sociale et culturelle des lieux (Torgue, 2005). Ce concept de paysage sonore, introduit par Schafer, rencontre de plus en plus d'échos dans le monde international du bruit (cf. Kihlman and Schulte-Fortkamp, in *Internoise Congress*, 2004).

Certes, cette position demeure de prime abord assez éloignée de l'objet avions et de ses conséquences sonores. Toutefois, à la suite de la confrontation de l'habitant avec ces nouvelles formes sonores, un questionnement est né, avec la recherche des éléments explicatifs du confort sonore. Selon ces acquis, le confort sonore, donc aussi son opposé (l'inconfort), s'explique par au moins deux familles de facteurs : la lisibilité auditive, soit la compréhension et la maîtrise de la source d'émission (cf. approches psycho-linguistiques) ; et la reconnaissance des sons d'autrui afin de permettre la coexistence interpersonnelle donc d'éviter des conflits (Torgue, 2005). La notion de gêne « *ne peut alors être considérée comme une variable mesurable et strictement objectivable mais comme une construction sociale complexe* » (Leroux, 2003, p. 6), faisant grandement appel aux représentations et interactions sociales. Ici, l'explication de la gêne liée au bruit des avions se nourrit des acquis de la sociologie.

3.2.2. *Les apports de la géographie et des sciences politiques*

Quant au champ de la géographie sociale, il cherche à ce jour à resituer la question du bruit des avions dans la problématique des effets environnementaux territorialisés des systèmes de transports. Il développe pour ce faire des approches puisant beaucoup dans la concrétude de certains effets au sein des tissus urbains (choix résidentiels des ménages et conséquences sur la valeur des logements ; revendications locales et oppositions aux projets...).

L'utilisation des méthodes d'analyse spatiale des nuisances sonores dans les pourtours aéroportuaires (ex : Systèmes d'Informations Géographiques) indique que ce n'est pas toujours au plus près des équipements que la gêne déclarée demeure la plus importante, renforçant alors la relativité explicative de l'acoustique. Surtout, la géographie sociale a montré le rôle de l'eco-sensibilité (Charlier, 2002) ou encore le poids du rapport identitaire au lieu, du sentiment d'appartenance locale dans les ressentis de gêne sonore, voire dans les choix résidentiels. Il en découle alors une lecture spatiale servant, de manière pré-opérationnelle, à définir les contours de nouveaux territoires, sur lesquels peuvent aussi être pensées des actions ciblées. Ici, le concept de territoire représente le creuset de la compréhension de certains effets de la gêne sonore sur les espaces, et des réactions que ces effets suscitent.

Le poids de l'attachement au territoire dans la gêne sonore a par exemple été montré autour d'Orly (Faburel, 2001 et 2003d). Ce travail, réalisé par le CRETEIL pour l'ADEME et le Conseil Général du Val-de-Marne, montre, à la suite d'une enquête par questionnaires menée auprès de 607 personnes habitant une des six communes de l'enquête menée en 1998 et 1999, que près de 50 % de l'échantillon se déclarent spontanément au minimum beaucoup gênés par le bruit des avions, confirmés par ceux obtenus sur cet aéroport par Vallet, Vincent et Olivier en 2000 (48 %). Si l'on ajoute les personnes se disant un peu dérangées, puis que l'on rapporte la totalité à la population mère, il y aurait 40 000 Val-de-Marnais se disant à différents degrés gênés par le bruit des avions à proximité de l'aéroport d'Orly.

En outre, sans grande surprise, ce travail confirme la faible corrélation (26 % en moyenne) entre la gêne exprimée et le niveau d'exposition sonore, et valide, sans nouveauté, le rôle sur la gêne déclarée de certains facteurs d'état socio-économiques tels qu'abordés de longue date par la psycho-acoustique (statut de propriétaire, type de logement : maison avec jardin), mais aussi, plus nouvellement, des pratiques du logement (temps de présence à domicile).

Surtout, puisque jusqu'ici, les résultats ne faisaient que confirmer d'autres acquis précédents, ce travail montre le poids explicatif des parcours résidentiels (ancienneté d'habitation ou l'antériorité résidentielle par rapport à l'essor du trafic dans les années 1980), et de certaines attitudes ou pratiques : l'ambition de déménager, un éloignement régulier (week-end et vacances), utilisation du transport aérien, usage du jardin... Enfin, l'intérêt porté aux enjeux liés à la gestion des nuisances sonores participe également de la gêne ressentie. Ce travail a ainsi statistiquement identifié le rôle de la connivence avec les associations, l'importance du sentiment d'abandon social, dans le ressenti du bruit.

Le croisement des résultats d'enquête relayés ci-dessus avec les discours livrés par les riverains d'Orly dans le cadre de groupes de discussion (*focus groups*) organisés à cet effet (Faburel, 2003d), montre que, d'un point de vue plus collectif, l'ancrage territorial constitué par l'appartenance à un réseau local de parents, le choix de rester dans la commune alors que les moyens financiers permettraient de déménager, l'intérêt pour l'histoire locale, pour le patrimoine de la commune, ainsi que la fréquentation des lieux de sociabilité (cafés, restaurants, etc.) nourrit un vécu commun du bruit des avions, au point de donner à voir un attachement au territoire. A l'inverse, les personnes se déclarant peu ou pas du tout gênées apparaissent plus mobiles (principalement des hommes sans enfants, locataires qui passent peu de temps à domicile) sans que leur faible niveau de gêne ne soit, là non plus, grandement relié aux phénomènes sonores.

Dans ce contexte d'attachement, le bruit des avions, et le trafic aérien en général, sont perçus comme une immixtion, voire une intrusion dans le rapport affectif au cadre de vie. Dès lors, plusieurs caractéristiques locales telles que l'histoire du développement territorial avant et après l'implantation de l'aéroport, ainsi que spatiales (prédominance d'un tissu résidentiel, manque de transports en commun...) pourraient techniquement servir à comprendre l'expression de la gêne sonore.

Une récente étude, plus ouverte à la science politique, prolonge encore ces efforts explicatifs (Bröer, 2006), notamment ceux portant sur le rôle de représentations de négligence politique dans le fondement de ces vécus sonores (Faburel, 2003d). Elle détaille la responsabilité de la définition politique même du problème que constitue le bruit des avions (réglementations en vigueur, mesures et évaluations mises en œuvre...), dans la déclaration de gêne sonore, et, plus logiquement encore, dans les comportements revendicatifs.

Ce travail, basé à la fois sur l'étude des politiques de lutte contre le bruit en vigueur autour d'Amsterdam Schiphol et Zurich Kloten (documents officiels, sites Internet, entretiens et observation participantes) et sur l'analyse de 89 entretiens semi-directifs, de 250 plaintes, de 148 articles dans la presse principale et de 29 *Public Enquiry Statements*, s'est principalement attaché à saisir l'influence de l'action publique sur la déclaration de gêne.

Il en ressort que les politiques et mesures de lutte contre le bruit ont une influence considérable sur les ressentis sonores, les déclarations de gêne et les comportements revendicatifs ("*policy is a defining feature of personal noise experience*", p. 2). Plus précisément, et c'est là l'apport premier de ce travail, Bröer montre un effet selon quatre modalités, alliant jugement sur les réglementations, sur les acteurs, sur les processus décisionnels et, au final, sur la définition même du problème.

Tout d'abord, en évaluant le bruit qu'elles subissent, les populations évaluent les politiques qui le réglementent. Plus précisément, et deuxièmement, la perception du bruit dépend des acteurs qui sont impliqués dans la résolution des problèmes. Par exemple, les personnes ajustent leur plainte (ex : intensité) à l'organisme qui les traite (*complaint agency*). Troisièmement, la contestation de l'action en vigueur et de la définition officielle du bruit s'inscrit à la fois en opposition à la politique du moment mais se construit également grâce aux marges de manœuvre que le processus décisionnel permet (notamment participative). Enfin, cette étude montre que la gêne est modulée par la définition officielle du bruit et de la gêne : les personnes s'estiment plus ou moins gênées selon l'acception même de la gêne défendue par les autorités.

En conclusion de ce deuxième chapitre, nous admettons que, bien plus que les effets physiologiques, la gêne due au bruit des transports, et singulièrement des avions, est étudiée depuis plusieurs décennies par diverses disciplines, et ce notamment en France où plusieurs enquêtes, particulièrement autour des aéroports franciliens, sont à recenser. Mais les approches acoustiques et psycho-acoustiques, qui irriguent encore beaucoup par leurs savoir-faire techniques et métrologiques le domaine opérationnel de l'action environnementale (principalement de l'Etat), ne suffisent plus à renseigner tous les aspects de la gêne.

Même si elles livrent des informations intéressantes sur les niveaux partout importants (en général 50 % des échantillons de populations riveraines enquêtées) et même parfois croissants de gêne sonore autour des aéroports. Même si elles peuvent encore être améliorées, par exemple par la prise en compte de la fréquence de survol dans les indices acoustiques. Elles ne parviennent plus seules à prévoir la réactivité des populations aux expositions sonores, particulièrement dans le domaine du bruit des avions. Il apparaît nécessaire de « *diriger la définition de la gêne non plus vers des indices acoustiques mais dans le domaine de la cognition* » (Boyer et Bayssié, 2001, p. 35).

Partout constatées, et d'assez longue date, ces déficiences ont provoqué l'ouverture lente et progressive de l'analyse de la gêne à d'autres champs disciplinaires, et donc à d'autres facteurs explicatifs, plus psychosociaux et socio-spatiaux. Des travaux émanant des sciences humaines et sociales ont à ce jour déjà contribué à ouvrir le champ des ressentis de nuisances et représentations de la gêne, des manifestations qui en découlent (opinions, pratiques, mobilisations). Bien moins utilisées par les donneurs d'ordre, ces disciplines permettent d'identifier de nombreux facteurs non acoustiques, qui, cumulés, pèsent plus que les seules caractéristiques acoustiques des sons. Et, ces caractéristiques individuelles (psychologiques, socio-économiques...) et celles plus collectives (bien-être ou mal-être environnementaux, facteurs d'appartenance aux quartiers, communes, représentations sociales de l'action des compagnies aériennes et des pouvoirs publics...), à forte teneur territoriale, sont d'ores et déjà autant de ressources de compréhension que de leviers pour l'action.

Voici, pour dernier exemple restitué ici, l'une des dernières enquêtes en date, réalisée dans les pourtours de l'aéroport de Francfort Rhin-Main. Ce travail met particulièrement bien en exergue cette multi-factorialité de la gêne, croisant des lectures disciplinaires complémentaires (Schreckenberget Meis, 2006).

Sur la base de l'administration d'un questionnaire à 2 312 résidents autour de l'aéroport, jusqu'à 40 km de l'emprise aéroportuaire, la gêne sonore a été mesurée selon les indicateurs standard, avec aussi pour but de tester plusieurs variables non acoustiques (Schreckenberget Meis, 2006). Il en ressort qu'à des niveaux sonores modérés (55 dB(A)), 50 % des habitants se déclarent gênés et à 65 dB(A), 30 % se déclarent très gênés. Surtout si les variables socio-démographiques sont très faiblement corrélées à la gêne, les réactions au bruit (gêne,

perturbation des activités etc.) ne sont qu'en partie expliquées par les niveaux sonores. A ce titre d'ailleurs, les auteurs estiment que le L_{den} a un pouvoir explicatif meilleur que le L_{max} et le NA (cf. Partie 3).

Parmi les domaines non acoustiques explicatifs, se trouvent (aussi assez loin de l'aéroport) : une sur-réaction au bruit lorsque l'environnement sonore change sans information préalable ; une attitude de défiance envers les autorités (cf. Bröer, *supra*) ; des attentes sociales en termes d'évolution de la situation. Ces dimensions renvoient à six facteurs, qui expliquent plus de 67 % de la gêne : peur (accidents) et attitude négatives à l'égard du trafic aérien (attentes négatives sur évolution de la situation, méfiance à l'égard des autorités...) ; sensibilité aux stressseurs environnementaux ; plaintes au sujet de l'état de santé ; satisfaction résidentielle et territoriale ; attitude positive à l'égard des développements régionaux liés à l'aéroport ; qualité de vie. Les auteurs indiquent en conclusion que la somme de ces facteurs non acoustiques permet mieux de prévoir la gêne que les niveaux acoustiques.

Dans le sillage, mais bien plus modestement comme on va le voir, de cette production de connaissances, d'abord historiquement centrée sur les nuisances et gêne sonores, puis bien plus modestement sur la multiplicité d'effets sanitaires du bruit des avions, y compris physiologiques, la problématique des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé des populations riveraines est dorénavant aussi de plus en plus placée au cœur des débats entre acteurs, comme le montre ostensiblement le cas de Londres Heathrow, mais aussi avant, le cas de San Francisco International Airport par exemple.

Quels sont les faits et incertitudes scientifiques en la matière ?

4. Les effets sanitaires de la pollution atmosphérique due aux trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires : entre présomptions et démonstrations

Les idées force à retenir de ce chapitre sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique due aux trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires

1. D'une manière générale : une large méconnaissance autour des aéroports qui invite au lancement de travaux de recherche

=> Les effets sanitaires de la pollution atmosphérique liée aux trafics aériens et fonctionnement aéroportuaires constituent un thème de débat et un enjeu croissant autour de plusieurs plates-formes (ex : Londres Heathrow) ;

=> Pourtant, très rares sont les études et recherches scientifiques dédiées à ce thème (2 recensées, à l'étranger) ; avec dès lors la persistance de larges méconnaissances, auxquelles des documents officiels invitent à faire face rapidement ;

=> Il s'agirait de mieux apprécier l'imputabilité des contributions polluantes des trafics aériens dans l'aire géographique (ils pourraient représenter jusqu'à 10 % voire 20 %) ; et de mieux tenir compte de facteurs de contexte (certaines des spécificités de l'activité aérienne, exposition réelle des individus...) ;

=> Pour ce faire, la nécessité se fait jour de « décentraliser » les indicateurs, c'est-à-dire de réaliser des évaluations d'impacts sanitaires sur une population donnée, dans un lieu donné, pour fonder une fonction et alors un indicateur exposition / risque conçu dans ce contexte ;

=> Et dès lors, comme pour les effets livrés dans les deux chapitres précédents, la nécessité de compléter les seules relations doses – effets par des approches plus intégrées de panel (effets à court terme) et de cohorte (à long terme), usant de toutes les données déjà pertinentes, y compris socio-démographiques.

2. Toutefois, de fortes présomptions

=> Donc, à ce jour, les connaissances les plus stabilisées, essentiellement épidémiologiques, sont importées du monde routier ;

=> Il en ressort notamment que les effets à long terme, notamment cardio-vasculaires, demeurent très incertains, mais que même à des niveaux faibles, la pollution de l'air a d'autres effets mesurables sur la santé, donc que la santé individuelle est très sensible à de faibles doses ;

=> Or, certaines similitudes entre les concentrations liées aux trafics aériens et celles de certaines zones urbaines peuvent permettre d'estimer globalement les effets attendus dans les pourtours aéroportuaires ;

=> En fait, l'état des connaissances importées du monde routier indique aussi des relations causales concernant des effets à court terme, notamment respiratoires et pulmonaires, par exemple sur les enfants (asthme, bronchite aiguë et naissance prématurée) ;

=> Dès lors, sur certains aéroports, il existerait une association « *très probablement causale* » (Haut Comité Français de Santé Publique, 2000) à court terme entre pollution atmosphérique et santé ; et l'attention doit notamment être portée sur les groupes sensibles,

particulièrement sous l'angle respiratoire (riveraineté proche, les enfants et les personnels qui travaillent dans et autour des plates-formes).

Comme d'autres modes des transports, l'aérien est à l'origine d'importantes émissions, et ce de plusieurs polluants, même si, en volume, il est moins émetteur que le trafic routier, qui concentre quant à lui beaucoup d'efforts scientifiques de recherche. A ce jour, les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), particulièrement son dioxyde (NO₂) et son dérivé photochimique l'ozone (O₃), ainsi que les émissions de particules (PM), de dioxyde de soufre (SO₂) et, dans une moindre mesure de monoxyde du carbone (CO) sont considérées comme les principaux polluants des trafics aériens émis dans l'air à l'échelle locale (Colvile *et al.*, 2001 ; CE Delft, 2000). Mais, l'impact de ces polluants dépend aussi de l'altitude de survols, de la distribution des approches... (cf. Airport Air Quality Symposium Berkeley Workshop, 2002 et 2003).

Ces polluants d'origine aérienne ont pour caractéristique première de se disperser beaucoup plus rapidement, avant d'arriver au sol (Colvile *et al.*, 2001). Toutefois, les rares études menées autour d'aéroports situés en dehors des zones résidentielles montrent aussi que, avec toute l'activité qu'il génère, l'aéroport peut être la source première de concentrations de polluants de proximité. Ces concentrations peuvent alors excéder certaines des normes en vigueur relatives à certains polluants (Yu *et al.*, 2004).

Ainsi, si le trafic routier dans et autour des aéroports est encore la source première de pollution atmosphérique, les trafics aériens peuvent représenter jusqu'à 10 % de la concentration de polluants autour d'un aéroport en région densément urbanisée (ex : Schiphol in Province of Noord-Holland, 2000), voire 20 % dans des espaces moins urbanisés (ex : Roissy CDG et Bourget, cf. Airparif, 2003). Et, ces concentrations pourraient continuer d'augmenter du fait de la hausse des trafics aériens, faisant des aéroports un contributeur croissant à la pollution locale de l'air. Cette pollution dépend pour beaucoup, outre les volumes consommés, de la composition du carburant et des conditions de leur combustion.

Concernant les effets de la pollution de l'air sur l'état sanitaire des populations, ils dépendent en premier lieu essentiellement du type de polluants, de leurs concentrations, de la durée d'exposition des populations... (DGAC, 2003) mais aussi, évidemment, de l'état de santé des populations exposées, avec ici une attention particulière à porter aux populations sensibles. Nous savons depuis peu que, à l'identique du bruit, même à des niveaux faibles, la pollution de l'air a des effets mesurables sur la santé. C'est d'ailleurs le tout premier fait ressortant des travaux scientifiques menés sur la question ces dernières années : alors que certains niveaux d'exposition pourraient tendre à baisser, il est montré que la santé individuelle est très sensible à de faibles doses. D'ailleurs, à partir de ce constat, l'Organisation Mondiale de la Santé (2003) indique que, toutes sources confondues, « *Trois millions de personnes meurent chaque année sous l'effet de la pollution atmosphérique, soit 5 % des décès annuels dans le monde* ».

Dès lors, depuis maintenant trois à cinq ans, les quelques données connues sur les émissions polluantes des trafics aériens sont à l'origine de préoccupations croissantes. Mais, compte tenu de la focalisation de la plupart des travaux empiriques en la matière depuis maintenant 15 ans sur les émissions d'origine routière, sans considération précise pour les pourtours aéroportuaires, les connaissances à ce jour les plus stabilisées, essentiellement épidémiologiques, sont importées du monde routier, à l'exception peut-être de travaux réalisés autour d'Amsterdam Schiphol et de l'aéroport d'Oakland aux Etats-Unis.

Néanmoins, les similitudes entre les concentrations liées aux trafics aériens et celles de certaines zones urbaines peuvent permettre d'estimer les effets attendus dans les pourtours

aéroportuaires à ceux effectivement évalués en milieu urbain (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France, 2006). En fait, comme nous allons le développer, l'état des connaissances importées du monde routier indique des relations causales concernant des effets à court terme, notamment respiratoires, par exemple sur des populations jugées fragiles (ex : enfants).

4.1. Les effets sanitaires de la pollution de l'air liée aux transports : des effets à court terme démontrés et à long terme plus incertains

Plusieurs études épidémiologiques ont, d'après l'OMS (WHO / UNECE-PEP, 2003), évalué et montré le rapport entre la pollution de l'air ambiant et les effets sanitaires chez les adultes, en utilisant des indicateurs de particules (PM10, PM2.5, particules fines, fumées noirs) ou des polluants gazeux (NO2, SO2, CO et O3) et ont recensé les catégories d'effets par polluant (cf. Colvile *et al.*, 2001). Conventionnellement, les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont classés en deux groupes : les effets à court terme et les effets à long terme.

4.1.1. Les effets à court terme : problèmes respiratoires et troubles cardio-vasculaires

Les effets à court terme sont définis comme des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs, suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique. Les problèmes respiratoires sont un indicateur souvent employé, généralement pour des raisons de disponibilité des données. Les polluants ayant des propriétés irritantes pour l'appareil respiratoire sont de différentes natures (gaz, particules). Les conséquences vont d'une baisse de la capacité respiratoire à une incidence sur la mortalité à plus ou moins long terme.

Pour le polluant d'origine transport ayant le plus d'implications sanitaires à l'échelle locale dans les villes des pays développés, c'est-à-dire le NO2 (et son dérivé photochimique O3), les conséquences sur les fonctions respiratoires et pulmonaires sont avérées (ex : toux chroniques, infections bronchitiques). Le CO lié aux transports a longtemps été présent à des niveaux suffisamment élevés pour accroître la probabilité d'occurrence des maladies cardiovasculaires. Et si l'introduction des pots catalytiques a, un temps, laissé croire que de tels effets allaient décliner en conséquence, de nouvelles techniques statistiques ont permis d'identifier l'occurrence d'effets à des niveaux beaucoup plus bas d'exposition. Plus largement, on sait depuis peu que même à des niveaux faibles, la pollution de l'air a des effets mesurables sur la santé, donc que la santé individuelle est très sensible à de faibles doses.

C'est aussi le cas des particules fines. Pour ces dernières, des analyses épidémiologiques (Pope *et al.*, 1995 et 2002), des analyses en laboratoire (Diaz-Sanchez *et al.*, 1997), validées par des dires d'experts, ont tôt montré qu'elles pourraient être à l'origine des hausses mesurables dans les manifestations des maladies cardiovasculaires et respiratoires, même à des niveaux faibles de pollution de l'air dans les villes occidentales. La plus grande sensibilité des patients à des maladies cardio-vasculaires apparaît nettement dans les études épidémiologiques portant sur la surmortalité en relation avec les fluctuations des niveaux de pollution, et sur les fréquences d'hospitalisations ou de consultations. Ici, une nouvelle fois, l'affinement des méthodes de traitement statistique a permis de détecter des effets dits « *à bas signaux* ».

Ici, plusieurs enquêtes transversales répétées sur des populations comparables ont mis en évidence une augmentation rapide de la prévalence du terrain atopique et de maladies allergiques respiratoires, notamment de l'asthme (Woolcock *et al.*, 1997). Les asthmatiques sont considérés comme dix fois plus sensibles que les sujets normaux (Haut Comité Français

de Santé Publique, 2000). Les travaux français pourraient à terme clarifier la question : augmentation durable de l'asthme, induction répétée des crises, bronchites avec mortalité respiratoire (Marano, 2005). En outre, il a été montré par le passé, par des études en laboratoire, que le SO₂ pouvait aussi être à l'origine de troubles respiratoires en cas d'exposition courte mais à des concentrations élevées, notamment chez les personnes souffrant d'asthme en particulier.

4.1.2. Les effets à long terme

Les effets à long terme peuvent représenter des affections ou pathologies survenant après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique (Chanel *et al.*, 2001). Ces effets sont étudiés au moyen d'études épidémiologiques, au protocole très différent. Les études de cohortes consistent par exemple en un suivi sanitaire d'une dizaine d'années d'un vaste échantillon de population, avec précisions sur leur exposition quotidienne, selon leurs activités, et leur mode de vie. Si ces effets restent mal connus car difficiles à évaluer :

- certaines études américaines, comparant les indices de mortalité de ville aux qualités d'air différentes, semblent cependant confirmer leur existence (cf. Marano, 2005) ;
- et surtout les études de cohortes se développant, il a été montré, en Ile-de-France par exemple, une liaison entre l'exposition chronique à la pollution particulaire et l'augmentation des risques de décès pour cause cardio-pulmonaire (Lefranc, 2005).

Aujourd'hui, il est admis qu'une exposition prolongée à des concentrations de polluants aurait une incidence sur la mortalité à long terme, par effets mutagènes et cancérigènes dus aux particules fines, benzène et divers autres composés aromatiques.

Il y a par ailleurs présomption de plus en plus forte de cancers dus à l'exposition aux hydrocarbures polycycliques aromatiques liée aux particules diesel (Perera, 1981 ; US EPA, 1990, 1993). Des études toxicologiques, réalisées aux Etats-Unis, au Canada, en Angleterre, en Suède, permettent d'aborder les différents effets de la pollution atmosphérique sur la santé sous ses aspects fondamentaux et aident alors à la compréhension des mécanismes généraux de toxicité. Les particules fines liées à l'usage du gazole sont ici considérées comme génératrices d'un des tous premiers problèmes en termes de santé (Marano, 2005). Mais, aucune étude expérimentale ne permet, seule, une conclusion définitive sur un impact précis et quantifiable sur la santé humaine. L'analyse épidémiologique doit venir compléter l'approche toxicologique (Haut Comité Français de Santé Publique, 2000).

Toujours en ce qui concerne les particules, nombre des données existantes ont en fait été compilées ces dernières années, pour relayer faisceaux de preuves (WHO 2003, 2004). L'un des enseignements majeurs est que les concentrations élevées de particules ont provoqué des dommages importants (AEA Technology Environment, 2005), qui subsisteront en Europe même après mise en œuvre de la législation existante, pour une projection en 2020.

Cette catégorie d'effets à long terme introduit aussi différemment la question de la pollution dite de fond, et sa perception par les populations. Ce sont indéniablement deux causes aux manques scientifiques persistants. La pollution de fond peut avoir des effets sur le long terme, tout en étant souvent peu perçue alors que celles liées à la pollution de proximité relèvent davantage des nuisances et sont plus facilement identifiées, car plus accessibles par la vue (fumée, opacité de l'air) ou par l'odorat. Sous cet angle aussi, des travaux restent à mener, puisque ce type de perception pourrait, comme le cas de la gêne sonore, interagir avec certains effets sanitaires de long terme.

4.2. Les effets sur les populations sensibles : de fortes présomptions concernant les enfants

Ces différents effets se manifestent principalement chez les personnes sensibles. Il s'agit d'une part des personnes déjà fragilisées par une maladie, telles que les insuffisants cardiaques ou respiratoires, les asthmatiques ou les personnes atteintes de bronchites chroniques. Il s'agit d'autre part des personnes âgées ou encore des enfants, pour qui la pollution peut entraver le développement de l'appareil respiratoire. Pour ces catégories de population, la pollution peut favoriser la survenue de maladies, en aggraver certaines et parfois même précipiter le décès. Une liste non exhaustive des catégories de personnes les plus fragiles face à la pollution atmosphérique urbaine peut être dressée :

- les enfants, car leurs poumons continuent de se former jusqu'à l'âge de 8 ans ;
- les femmes enceintes, qui transmettent une partie des polluants respirés à leurs enfants ;
- les personnes âgées, car les capacités respiratoires diminuent dès l'âge de 30 ans ;
- les asthmatiques, que leur maladie rend plus sensibles au pouvoir irritant des polluants ;
- les insuffisants respiratoires et cardiaques, dont la santé est déjà fragilisée ;
- les fumeurs, dont l'appareil respiratoire est déjà irrité par l'usage du tabac.

Du fait d'une sensibilité croissante (Brunekreef *et al.* 1997), quelques pays européens se sont lancés dans des projets de recherche visant à évaluer les effets sanitaires de la pollution générée par les transports sur les enfants. Une démarche, remarquable, de l'OMS et de l'Europe via le *Transport Health and the Environment Pan-European Program* (WHO / UNECE-PEP, 2003), inscrit dans le *CEHAPE-Children's Environment and Health Action Plan for Europe*, a associé des experts venant de six pays, afin d'avancer vers une évaluation intégrée des effets des transports sur la santé.

Il en ressort tout d'abord qu'il n'existe à ce jour que peu d'études en la matière. Toutefois, les quelques résultats disponibles suggèrent une relation entre la pollution de l'air et les multiples constats sanitaires. Même à des niveaux bas de concentration, il est prouvé que la pollution de l'air aggrave par exemple l'asthme des enfants (WHO / UNECE-PEP, 2003). Colville *et al.* (2004) rapportent d'ailleurs des chiffres indiquant que l'occurrence de l'asthme a considérablement augmenté pendant la seconde moitié du XX^{ème} siècle (Jarvis et Burney, 1998) dans plusieurs pays (Miyamoto, 1997 ; Ninan et Russell, 1992), en lien selon eux avec la dégradation de la qualité de l'air (Krishna et Chauhan, 1996). Toutefois, selon Holgate *et al.* (1995), des incertitudes demeurent sur l'imputabilité à la pollution dans cette prévalence.

Les résultats d'une autre étude (Bobak in WHO / UNECE-PEP, 2003, p. 100) indiquent que l'exposition à la pollution de l'air des nouveaux-nés et bébés induit une surmortalité pour cause respiratoire, surtout pour les enfants de moins d'un an. Une étude brésilienne (Saldiva, 1994 et Conceicao, 2001 in WHO / UNECE-PEP, 2003, p. 39) suggère un rapport positif entre l'exposition à la pollution de l'air et la mortalité respiratoire chez les enfants de moins de 5 ans. Mais, il n'existe pas d'études équivalentes en Europe.

Selon l'analyse des études épidémiologiques menée dans le cadre de l'OMS, les principaux effets identifiés sur la santé des enfants sont très nettement respiratoires (asthme et bronchite aiguë) et d'ordre pré-natal (naissances prématurées) (Desqueyroux, 2005, p. 15). Ces effets se résument en :

- une morbidité respiratoire (hausse des symptômes, hospitalisations, visites médicales, découplage de la fonction et développement pulmonaire) ;
- une morbidité non respiratoire (absentéisme à l'école, irritation des yeux, accélération du rythme cardiaque et, mais bien plus incertain, cancer) ;
- une mortalité (mortalité intra-utérine, mortalité des nourrissons et des enfants de moins de 5 ans) ;
- un problème en période de grossesse (retard intra-utérin, faible poids de naissance, naissance prématurée...).

Une nouvelle fois, comme pour les adultes, les rares études ayant porté sur la santé des enfants exposés à la pollution de l'air n'ont pas concerné les aires aéroportuaires.

4.3. Incertitudes persistantes pour les effets à long terme et manque de connaissances sur les pourtours aéroportuaires

4.3.1. Incertitudes scientifiques : la difficile identification des corrélations entre sources et effets

Parmi plusieurs difficultés et manques persistants, représentant sans conteste un frein pour l'aide à la décision, nous trouvons la nécessité d'isoler précisément les effets constatés, donc d'identifier finement les sources qui en sont responsables (tel mode de transport, tel type de trafics, telle période...). « *Il est très important de réfléchir (...) en termes beaucoup plus global d'une exposition à des pollutions multiples* » (Marano, 2005, p. 50). « *Les effets [sont] plus liés aux mélanges de tous les polluants* » (Lameloise, 2005, p. 16). « *On n'a pas de connaissance complète de la composition de la soupe qu'un individu va pouvoir respirer* » (Lefranc, 2005, p. 28). D'ailleurs, la difficulté du choix d'indicateur a notamment été discutée à l'occasion du travail de l'OMS mentionné ci-dessus. « *Nous nous sommes focalisés sur les particules et sur le NO₂ (...) Mais d'autres études sont faites en prenant en compte la distance par rapport aux voies et l'intensité du trafic* » (Desqueyroux, 2005, p. 13).

Cette connaissance instable sur les sources respectives impose des contraintes majeures à toute action. Weatherley et Timmis (2001) évoquent alors le manque de données sur l'exposition précise des individus, souvent évaluée très indirectement ; en outre, les expositions à l'intérieur des logements sont peu observées (Crump *et al.*, 1999) ; enfin, une gamme de polluants demande une mesure supplémentaire, incluant des métaux lourds, des substances organiques et les particules très fines. Il en résulte en partie les deux faits relayés plus haut : certaines relations dose-réponse sont incertaines (Janssen *et al.*, 1999), notamment en matière d'exposition-risque pour les particules et NO_x (cf. Lameloise, 2005,) ; et plusieurs effets à long terme demeurent peu connus (ex : mortalité).

Toutefois, bien d'autres causes d'incertitudes sont encore à recenser, par-delà la seule observation de la qualité de l'air. Elles confrontent les champs de l'étude et de la recherche à une chaîne intégrée d'une grande complexité : associations multiples de polluants et de causalités sanitaires, sociales, économiques...

La littérature indique alors, ici aussi, de plus en plus ostensiblement la nécessité de multiplier les démarches interdisciplinaires et de nouvelles recherches transversales notamment en milieu urbain plus ou moins exposé. Notamment, comme pour les effets sanitaires du bruit, elle invite à compléter l'épidémiologie avec des études toxicologiques et expérimentales en amont. En outre, concernant les enfants (WHO / UNECE-PEP, 2003), si des études épidémiologiques ont montré une liaison forte pour plusieurs effets, en particulier respiratoires, leur nombre est dit insuffisant pour en déduire des fonctions dose-réponse (en

Europe). Enfin, afin de répondre aux besoins de la *Health Impact Assessment* comme procédure en devenir d'évaluation d'impacts, par exemple menée à l'aéroport d'Oakland (Dowlin, 2004) ou encore à Amsterdam Schiphol (Franssen et Staatsen, 2002), les études ont besoin de porter plus avant attention sur les causalités et les effets sanitaires à long terme.

Il est vrai qu'il existe très peu d'études expérimentales ou cliniques concernant les effets à long terme de la pollution atmosphérique, par exemple sur les fonctions respiratoires. Les données de la littérature existante concernent essentiellement les effets à court terme des différents polluants actuellement mesurés en milieu urbain, souvent d'interprétation difficile chez les sujets ne présentant pas de maladie respiratoire préexistante ou chez des asthmatiques et des patients présentant une bronchopathie chronique obstructive (BPCO).

4.3.2. Effets autour des aéroports : des impacts potentiellement nombreux mais très peu évalués

Pour les impacts sanitaires de la pollution des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires, des études demeurent nécessaires afin de déterminer de manière plus précise les liens existants, polluant par polluant, entre qualité de l'air et, au premier chef, infections respiratoires. Il est vrai que, même si des parallèles peuvent parfois être faits, les transferts et inférences des données scientifiques livrées sur les effets des autres sources de polluants demeurent risqués et pas toujours pertinents.

En fait, concernant les effets sanitaires de la pollution atmosphérique liée aux trafics aériens à proximité des grands aéroports, seules quelques rares initiatives remarquables sont à signaler : celle autour d'Amsterdam Schiphol où des effets respiratoires et cardiovasculaires ont été identifiés, attirant une nouvelle fois l'attention sur les impacts sur la santé des enfants (Staatsen *et al.*, 1994 ; Franssen *et al.* 1999 ; Franssen et Staatsen, 2002) ; et celle d'Oakland en Californie, où l'on parle aussi de menaces respiratoires, mais pas cancérogènes, pesant avant tout sur les personnels travaillant sur la plate-forme (Dowlin, 2004).

Plusieurs arguments plaident grandement en fait en faveur du lancement de tels travaux spécifiques. Outre la sensibilité sociale croissante à ce thème, dont par exemple témoignent les débats autour de Londres Heathrow depuis 8 ans, les baisses d'ores et déjà enregistrées et anticipées d'émissions du trafic routier, accompagnée d'une croissance rapide du secteur du transport aérien, devraient entraîner une croissance relative de la contribution des trafics aériens à la dégradation locale de la qualité de l'air au niveau du sol (Colvile *et al.*, 2001). Surtout, il existe une relation très probablement causale, à court terme, entre la pollution de l'air liée aux trafics aériens et l'état de santé des populations exposées, particulièrement celle des enfants (Haut Comité Français de Santé Publique, 2000). En effet :

- une relation croissante entre les niveaux d'exposition à la pollution atmosphérique et les risques sanitaires a déjà pu être observée concernant d'autres sources ;
- les quelques relations mises en lumière sont consistantes et robustes, quelles que soient les populations considérées, les conditions socio-économiques, géographiques et climatiques ;
- les différents protocoles d'étude utilisés pour d'autres sources permettent déjà un contrôle adéquat des principaux facteurs de confusion écologiques (caractéristiques des milieux) et individuels (parcours sanitaires) ;
- enfin, les délais constatés entre l'exposition à la pollution et l'effet sur la santé sont compatibles avec les données expérimentales disponibles.

Ce manque global concernant les trafics aériens tient, comme dit plus haut, d'abord à la difficulté de quantifier les contributions polluantes respectives des activités aéroportuaires et

des autres activités de l'aire géographique, notamment du trafic routier induit par l'activité, tant ces facteurs sont étroitement imbriqués (Momas et Blanchard, 2004). Ces contextes constituent une épreuve pour les méthodologies employées classiquement pour quantifier émissions et expositions (Marano, 2005).

Il s'agit alors, suivant en cela Colvile (*op. cit.*), de réaliser des mesures en tenant compte de certaines des spécificités de cette activité : altitude des émissions, pression atmosphérique plus basse, déficit d'autres sources anthropogéniques... De même, l'exposition réelle, en contexte, des individus ou de la population dans son ensemble n'est souvent pas connue et est alors estimée indirectement, ce qui laisse persister une incertitude sur les associations observées entre les variations journalières de pollution et les effets à court terme sur la santé (Janssen *et al.*, 1999). Ces facteurs de contexte doivent faire l'objet d'une attention particulière pour que l'on puisse en tirer des conclusions solides sur l'imputabilité des effets observés (Momas et Blanchard, 2004).

Pour ce faire, ici comme sur d'autres problématiques d'effets, de plus en plus de chercheurs insistent sur la nécessité de « décentraliser » les indicateurs, c'est-à-dire de réaliser des évaluations d'impacts sanitaires sur une population donnée, dans un lieu donné, pour fonder une fonction et alors un indicateur exposition / risque conçu pour cette population, à cet endroit et surtout à un moment de l'évolution de ce territoire (Marchessault, 2005). Les seuls transferts de résultats importés d'autres contextes créent des incertitudes largement décrites par la littérature, car, par exemple, ils ne prennent que difficilement en compte les conditions météorologiques du lieu et les caractéristiques sociales et sanitaires des populations.

Nous ne nous étendons pas ici sur cette problématique des indicateurs, leur robustesse scientifique et pertinence socio-environnementale. Elle motive des réflexions et initiatives récentes dans plusieurs cas aéroportuaires, et fera alors l'objet d'une rubrique dédiée dans la deuxième partie de ce rapport, centrée sur les recommandations pour l'action.

De plus, sur ces effets sanitaires aussi (cf. Chapitres 1 et 2), des auteurs, tels Wheatherley et Timmis (2001), soulignent qu'ils ont des facteurs multiples que les relations doses - effets ne peuvent là non plus suffire à décrire (par exemple : prise en compte de l'exposition intérieure aux logements, au bureau). Pour ce faire, ici comme ailleurs, il est de nouveau grandement recommandé de mener des approches plus intégrées de panel (effets à court terme) et de cohorte (à long terme), usant de toutes les données déjà pertinentes, y compris socio-démographiques (Medina et Segala, 2004).

Concernant les pourtours aéroportuaires, de nombreuses pistes restent donc encore à explorer et des méthodologies à affiner, et ce notamment en vue d'exploiter en toute sérénité les quelques résultats d'ores et déjà produits. Toutefois, sur certains aéroports, et, en l'état actuel des savoirs, il existe une association « *très probablement causale* » (Haut Comité Français de Santé Publique, 2000) à court terme entre pollution atmosphérique et santé, à la fois chez les adultes et les enfants. L'attention doit notamment être portée en priorité sur les groupes sensibles, notamment sous l'angle respiratoire : la riveraineté proche (Childers *et al.*, 2004, p.15), les enfants (à l'exemple des études sur le bruit, *supra*) et les personnels qui travaillent dans et autour des plates-formes (Pitarque *et al.* in Extrapol, 2004).

Accompagné en cela d'une demande sociale de plus en plus marquée, ceci a représenté une des motivations importantes de l'initiative prise par les services de l'Etat français pour mandater l'Institut de Veille Sanitaire dans le lancement (en 2007) et la conduite d'une grande étude épidémiologique autour de Roissy CDG, d'Orly, et du Bourget (SURVOL), initiative qui vise tant les effets du bruit des avions sur la santé, y compris la gêne (*supra*), que la ceux, probables, de la pollution atmosphérique liée aux trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires.

Aussi, bien que démontrés dans d'autres contextes (ex : effets respiratoires à court terme, morbidité des enfants...), l'évaluation fine des effets sanitaires de la pollution atmosphérique autour des aéroports demeure globalement à réaliser, notamment, en amont, par l'estimation poussée de la part précise des émissions des trafics aériens et des activités de la seule plateforme dans les pourtours aéroportuaires. Ce que quelques travaux, en France notamment, ont déjà engagé (Airparif, 2003 et 2004).

Il s'agira d'apporter des éléments tangibles d'information à des débats aéroportuaires qui ne cessent de s'orienter toujours plus vers des considérations de santé environnementale. C'est l'objet des initiatives en cours en France, qui viendront sans doute se substituer à l'importation de connaissances depuis d'autres sources d'émissions de transport, connaissances qui indiquent néanmoins rappelons-le une probabilité assez assurée d'effets sanitaires potentiellement importants.

Partie 2

Mesures et recommandations
pour la prise en compte de la problématique sanitaire liée
aux trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires

Retours d'expériences étrangères et propositions scientifiques

5. Les mesures communes dans les aires aéroportuaires : des réponses techniques vers leur mise en communication, ou la lente ouverture aux territoires riverains

Les idées force à retenir de ce chapitre sur mesures existantes

1. D'une manière générale, un arsenal d'actions assez impressionnant autour de nombre de grands aéroports

=> Cet arsenal articule actions à la source et à la réception, de nature substantialiste (ex : abaissement des normes d'émissions) ou procédurale (ex : commissions consultatives), fondé sur des dispositions réglementaires ou reposant sur actions plus volontaires ;

=> A ce jour, un peu partout autour des grands aéroports, cet arsenal se compose d'instruments : techniques, économiques, urbanistiques, communicationnels et participatifs ;

=> Et les registres d'intervention ont connu des évolutions notables sur les 20 dernières années : depuis des modes plus historiques, essentiellement techniques, centrés sur les sources, vers une rapide mise en communication, lente territorialisation des outils, et démocratisation tâtonnante ;

=> Et, dans certains registres d'instruments, la France a pu et peut parfois encore apparaître comme novatrice sur le plan historique (ex : Plans d'Exposition au Bruit, Commissions Consultatives d'Environnement... dès la fin des années 1980).

2. Mais, une conflictualité environnementale croissante, ayant la problématique des effets environnementaux, sanitaires, territoriaux...comme premier sujet

=> Bien qu'impressionnant, l'arsenal en vigueur n'a pas limité la conflictualité aéroportuaire pour cause environnementale : multiplication des coalitions d'opposition, judiciarisation des problèmes et questions environnementales aéroportuaires, multiplication d'analyses comparatives, benchmarking et autres échanges d'expériences, constitution de réseaux internationaux d'experts... ;

=> Dans cette conflictualité persistante, voire parfois croissante entre acteurs, la problématique des effets environnementaux territorialisés continue à ce jour de jouer un rôle essentiel, comme les questions sanitaires tendent à le montrer, et ce malgré les efforts évaluations parfois réalisés ça et là ;

=> En fait, il existe des décalages persistants, voire croissants selon certains observateurs, entre :

- d'une part, la réalité de certains effets négatifs,
- et, de l'autre, non seulement les actions d'ores et déjà en vigueur dans nombre d'aires aéroportuaires,
- mais surtout leur nature et cadres cognitifs (approches strictement techniques des phénomènes en cause), ainsi que leur dépendance à la régulation marchande,
- et ceci, au détriment souvent de lectures bien plus centrées sur les contextes territoriaux, leurs populations, histoires.

Comme vu lors de la 1^{ère} partie de ce rapport, plusieurs contextes aéroportuaires ont déjà fait l'objet d'évaluations d'impacts sanitaires, qu'ils soient physiques, psychiques ou sociaux (*supra* : définition donnée par l'OMS à la santé). Il est vrai que, pour rappel, la problématique des effets des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires s'est affirmée sur les 20 dernières années comme structurante des argumentaires, débats voire oppositions entre acteurs dans nombre d'endroits à travers le monde. Nous y reviendrons de nouveau sous peut avec l'exposé du sujet émergent que constituent les inégalités environnementales autour des aéroports, ou encore celui des décotes immobilières dans certaines franges des pourtours aéroportuaires, avec aussi des estimations de coûts sociaux pouvant en découler.

Aussi, face à cette problématique des effets (et de l'expertise derrière ; cf. Faburel, 2005 ; Faburel et Levy, 2008 ; Levy, 2008), qui a pu engendré à plusieurs endroits une mise en tensions des relations entre acteurs voire une conflictualité grandissante (Faburel, 2003 b et c ; 2004), les pouvoirs publics, suivis en cela par les constructeurs, motoristes, compagnies aériennes... ont sur les 30 dernières années pris des initiatives et engagé des actions dans nombre de pays, pour certaines de grande envergure.

Dans le but de relayer et d'émettre des recommandations scientifiques pour mieux insérer les questions de santé environnementale qui nous occupent ici dans les politiques nationales et locales (deuxième grand objectif de ce rapport), il est alors apparu nécessaire, dans un premier temps, de recenser et de catégoriser ces mesures d'ores et déjà en vigueur afin de réduire, prévenir... réguler de tels effets.

Ici, toutefois deux précisions liminaires s'imposent concernant ce rapide recensement et la catégorisation de ces mesures qui en découle. Elles concernent, choses essentielles, leur portée et fabrication.

En premier lieu, en application de la posture de recherche que nous développons depuis plusieurs années au C.R.E.T.E.I.L., nous ne nous fixons surtout pas pour consigne de fournir des recommandations clefs en main. Donc, nous ne tendons pas vers une comparaison point à point des mesures en vigueur. Ce sont en fait des indications tirées d'observations empiriques (*infra*), qu'il est bon d'avoir à l'esprit lorsque les autorités et plus largement les acteurs souhaitent s'engager dans la construction de nouvelles actions, visant à répondre aux demandes sociales, territoriales... d'environnement. En fait, ce sont les contextes et leurs acteurs en situation qui selon nous doivent construire de telles interventions, au plus près d'enjeux, souvent aussi territorialisés, et donc des possibles négociations. Cela revient à dire que, concernant les types d'action déjà en vigueur, ce sont les grands traits communs des évolutions en la matière que nous présentons synthétiquement dans ce chapitre.

En outre, dans le prolongement de cette précaution de lecture et de la posture de recherche qui la sous-tend, précisons aussi que ces recensement et catégorisation découlent d'observations *in situ*. Ces observations sont très éloignées du *benchmarking* (comparaison des politiques à distance sur la base d'indicateurs normés de performances), que beaucoup de bureaux d'études, français notamment, pratiquent, en se limitant alors beaucoup aux discours et documents officiels (sites Internet, bilans d'activité, bilans environnementaux, voire rapports de développement durable des aéroports, enquêtes par email...).

Pour assurer la pertinence de l'analyse et de ce qui peut en être retiré (ex : évaluer de l'efficacité environnementale, sociale, économique... donc politique des mesures), ce type d'analyse d'actions appelle en fait en amont selon nous à des observations au plus près des enjeux locaux, acteurs impliqués et situations territoriales de mise en œuvre : visites des contextes aéroportuaires, longs entretiens avec les acteurs sur place, observation des débats... tout ceci sur un nombre suffisant d'aéroports américains, européens... pour asseoir la fiabilité de la catégorisation recherchée dans un premier temps. C'est ce que le C.R.E.T.E.I.L., mais

aussi d'autres laboratoires de recherche français (CEVIPOF, CRESSON par exemple) et étrangers (à la Manchester Metropolitan University notamment) pratiquent d'assez longue date.

C'est donc sur des connaissances accumulées empiriquement au plus près des réalités de 13 aéroports (8 en Europe, 4 aux Etats-Unis et 1 en Australie), produites lors de 6 recherches menées sur les 5 dernières années (cf. Introduction générale), que cette catégorisation des mesures et que l'analyse de leurs grands traits communs sont assises. Il s'agit :

- Pour l'Europe : d'Amsterdam Schiphol, de Bruxelles National, de Francfort Rhin-Main, de Genève Cointrin, de Londres Heathrow, d'Orly, de Roissy CDG, de Vienne International Airport ;
- Pour les Etats-Unis : de Boston Logan, de Chicago O'Hare, de Los Angeles International Airport (LAX), de San Francisco International Airport (SFO) ;
- Pour l'Australie : de Sydney Kingsford Smith.

5.1 L'action historique : d'abord agir à la source (matériels, trajectoires, et périodes de survol)

Précisons en premier lieu que, du fait du caractère mondial de l'activité aérienne, nombre de mesures se retrouvent sur l'ensemble des aires aéroportuaires et aéroports étudiés, comme dans bien d'autres. Ainsi, globalement, ces politiques répondent toute d'une historicité voisine. Selon l'ancienneté des problèmes rencontrés (d'abord et durablement le problème des nuisances sonores), ainsi que des modes d'intervention des aéroports et pouvoirs publics (ex : le *Command and Control* des années d'après-guerre), les premières grandes mesures de limitation des effets remontent globalement aux années 50, d'abord aux Etats-Unis, puis en Europe durant les années 60-70, au grès des croissances de trafics et de la construction des plates-formes.

Ces premières mesures ont exclusivement porté sur la source des émissions sonores et polluantes, afin de limiter les distorsions concurrentielles. C'est, historiquement, d'abord la certification acoustique négociée et décidée dans le cadre de l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI-ONU), qui, sur la base d'une catégorisation des aéronefs en chapitres, a fixé des normes d'émissions acoustiques, renforcées depuis à trois reprises (dernières en date 2001). Avec pour effet par exemple de réduire, selon les études, de l'ordre de 10 à 20 dB(A) les émissions sonores d'un avion de contenance comparable, entre les années 60 et les années 90 Le coût marginal « sonore » du renouvellement progressif des flottes par les compagnies aériennes, ainsi que les coûts de recherche-développement pour les constructeurs, motoristes... sont considérables. Par exemple, deux travaux de référence convergent pour admettre que le coût global de renouvellement des flottes pour correspondre à la nouvelle certification acoustique de chapitre 3 a atteint milliards de \$ US (Morrison et *al.*, 1998 ; Gillen, 2001 et 2002).

Nous trouvons aussi dans quelques aéroports américains et surtout européens, dès les années 1960, la régulation de certains trafics :

- d'abord selon les horaires de décollages et d'atterrissage (0h-5h ; 22h30-6h...), pour l'ensemble de l'aéroport (ex : Orly), ou, plus récemment, sur certaines pistes (ex : Francfort Rhin-Main),

- ou selon les chapitres acoustiques par exemple (interdiction anticipée des avions du chapitre 2, voire des avions hushkittés¹).

Très peu répandues, nous demeurons avec ces mesures dans le registre des réponses techniques à la source, non plus par normalisation internationale, mais par réglementations particulières, portant très majoritairement sur des aéroports de second rang pour éviter les désavantages comparatifs susceptibles d'être causés sur des aéroports internationaux.

Plus récemment encore, et toujours de nature technique et à la source (émissions), nous trouvons, d'abord aux Etats-Unis dans les années 1990, et plus récemment et rarement en Europe, l'action sur les trajectoires de décollage et d'atterrissage, ainsi que de survol. Ces initiatives, prises cette fois-ci sur une base volontariste par les autorités aéroportuaires, de concert avec les compagnies (mais associant aussi parfois les pilotes et les contrôleurs), sont habituellement dénommées Air Transport Management (ATM), couplé à des Integrated Noise Models (modèles de prévision sonore). Ce couplage permet, notamment à l'occasion de la construction de nouvelles pistes, de proposer de nouveaux couloirs et trajectoires, par exemple selon les caractéristiques de l'occupation des sols (ex : tissus résidentiels), dans le respect des règles de sécurité (cf. Chicago O'Hare ; Minneapolis St-Paul...).

Encore plus récemment (fin des années 1990), et dans ce registre de l'intervention à la source, remarquons l'apparition rapide, de nouveau surtout aux Etats-Unis :

- du thème de la sensibilisation des pilotes, notamment par la rédaction de codes de bonne conduite (afin de garantir le respect de trajectoires optimales environnementalement) ;
- et de celui des descentes (continues), des consignes de virage décollage (2000 pieds aux Etats-Unis ou 4000 pieds en Europe)... toutes choses censées réduire les émissions causées lors de phases singulières (ex approches).

5.2 Une lente territorialisation de l'action : taxe bruit, insonorisation et règles d'urbanisme

La taxe bruit, généralement levée par les aéroports eux-mêmes, est apparue bien plus récemment que les premières certifications techniques ou les rares couvre-feux : années 1980 dans 4 des 13 aéroports, puis généralisation rapide au début des années 90. D'abord pensée comme incitation à des comportements vertueux de la part des compagnies aériennes (selon le principe pollueur-payeur), elle sert principalement à ce jour à abonder des fonds d'aide à l'insonorisation, régis par des Noise Insulation Scheme, Plans de Gêne Sonore... et autres documents définissant les périmètres et règles des ayant droit.

Jusqu'à il y a peu de temps (ex : Amsterdam Schiphol), les montants de ces taxes variaient peu d'un aéroport à un autre, car ayant la certification acoustique des aéronefs comme seule modalité de calcul du taux, certification que toutes les compagnies aériennes commerciales et aéroports doivent respecter (ci-dessus). En outre, le renouvellement des flottes ayant conduit à la mise en circulation d'avions dits moins bruyants, de telles taxes, assises sur les émissions sonores théoriques, sont demeurées de montant assez faible, jusqu'à il y a peu de temps. De l'ordre de 10 cts à 1 Euro par passager (Château-Thierry et Rallo, 1998 ; Lu et Morrell, 2001).

Dès lors, du fait du décalage entre les montants dégagés pour l'aide à l'insonorisation, elle-même partout définie selon des critères acoustiques :

¹ Atténuateurs de bruit, largement utilisés aux Etats-Unis pour permettre à des avions de chapitre 2 de rentrer dans la catégorie de certification dite de chapitre 3.

- en Europe, les budgets d'état et/ou de leurs organismes déconcentrés ont pu venir abonder les fonds d'insonorisation en vue de faire face à la demande croissante des riverains (jusqu'à un doublement du dit fonds),
- et aux Etats-Unis, le produit de la taxe bruit peut-être en théorie complété par un autre fonds, géré exclusivement par la FAA (Federal Aviation Administration, eq. DGAC), et alimenté par une autre taxe (Passenger Facility Charges - PFCs – né en 1991), fonds toutefois prioritairement destiné à donner les moyens aux aéroports d'accroître leurs capacités (25 milliards de dollars entre 1990 à 2000)².

Les cas d'usage d'une partie de ces sommes pour l'action de lutte contre le bruit, et plus largement environnementale, sont excessivement rares aux Etats-Unis : développement de la mesure sonométrique de veille ou de la modélisation prospective des niveaux de bruit, aide au fonctionnement des Airport-Community Noise Committees (dont la mission est par exemple l'attribution équitable des aides à l'insonorisation).

Dans le prolongement, l'aide à l'insonorisation (parfois présentée comme indemnisation par certaines autorités) s'est généralisée depuis les années 1980, selon des taux de couverture qui ont pu variés dans le temps (par exemple selon les niveaux sociaux des ménages demandeurs), mais qui tous aujourd'hui tendent vers une prise en charge totale du coût unitaire.

En Europe maintenant, et longtemps exclusivement sur ce continent, un autre registre de mesures a pris place à peu près à la même période que l'instrumentation économique (taxation) et ses dérivés financiers (aides à l'insonorisation), c'est-à-dire un peu partout invariablement à la fin des années 80/début des années 1990 : des règles spécifiques de planification et d'urbanisme (Land use planing). A l'exemple de Francfort Rhin-Main, comme de bien d'autres cas, ces règles ont pu être accrues progressivement (sévérisation des critères de constructibilité ou de réhabilitation, catégories de bâtiments concernés...), voire leur périmètre spatiale d'application étendu, mais toujours selon le même critère exclusif d'arbitrage : l'acoustique (ex : Plan d'Exposition au Bruit en France).

Présentes dans les 8 aéroports européens observés, il n'existe à ce jour que très peu de cas d'usage effectif des règles d'urbanisme aux Etats-Unis : Baltimore-Washington International, Minneapolis St-Paul, Denver International Airport, et quelques autres (GAO, 2001). A l'inverse, au titre des actions qui ressortissent de l'urbanisme local et de ses règles, nous y trouvons :

- comme en Europe, des aménagements de merlons anti-bruit, à l'initiative généralement des municipalités (ex : Chicago O'Hare) ;
- le rachat en voie de systématisation de logements à l'intérieur des contours de très forte exposition (i.e. DNL 75, comme par exemple à Sarasota Bradenton International Airport - Floride), avec, pour l'Europe, un programme récent et d'ampleur autour d'Amsterdam Schiphol ;
- l'obligation réglementaire faite aux agents immobiliers de 25 Etats de faire mention de la proximité de l'aéroport aux ménages souhaitant emménager (Real Estate Disclosure Statement) ;
- accompagnée de celle de produire un contrat, reconnu par les associations d'agents immobiliers, et signé par le client (Disclosure Form) ;

² Les cas d'usage d'une partie de ces sommes pour l'action de lutte contre le bruit, et plus largement environnementale, sont excessivement rares : développement de la mesure sonométrique de veille ou de la modélisation prospective des niveaux de bruit, aide au fonctionnement des Airport-Community Noise Committees (dont la mission est par exemple l'attribution équitable des aides à l'insonorisation).

- et des Avigation Easement, document enregistré auprès des tribunaux locaux et qui engage le propriétaire, une fois le choix résidentiel effectué en toutes connaissances de cause, à ne pas intenter de procès à l'opérateur aéroportuaire ou à un acteur du pôle aérien pour cause de nuisances sonores (ex : Floride) ;
- ce contrat servant aussi parfois de critère d'éligibilité des riverains à une aide à l'insonorisation (ex : Palm Spring), voire de règle de droit pour ceux souhaitant siéger dans les commissions aéroportuaires (ex : Minneapolis St-Paul).

5.3 Systèmes de mesure et indicateurs de suivi, management environnemental, communication et dispositifs dits de participation :

Toujours de manière très synthétique, le dernier registre mobilisé, à la fois dans le temps (années 90 et 2000) et selon le critère d'importance des moyens financiers investis (plus modestes), nous trouvons l'instrumentation stratégique évaluative, communicationnelle et participative. De nature parfois fort différente des précédentes (moins technique et plus procédurale), la totalité des cas étudiés (et là aussi plus largement des aéroports de 1^{er} et 2^{ème} rangs) s'est ouverte à de telles mesures.

Historiquement (sur les 15 dernières années), cette ouverture a été globalement séquencée autour de trois temps principaux.

Le premier (milieu des années 90) a consisté à développer des systèmes de mesure des pressions environnementales : multiplication et mise en réseau des stations de surveillance, mise en place et parfois certification des systèmes de suivi des trajectoires... D'abord largement orientés vers les questions sonores, à nouveau sous l'angle quasi unique de l'acoustique, surveillance et suivi ont pu aussi, très récemment, s'ouvrir aux questions de pollution atmosphérique, voire aux thèmes des gaz à effet de serre (ex : Londres Heathrow).

Cette ouverture récente, ainsi que l'extension rapide constatée un peu partout des réseaux de surveillance du bruit, découle non seulement d'efforts réalisés par les opérateurs aéroportuaires, mais aussi de l'implication de plus en plus manifeste de collectivités territoriales, ou de services déconcentrés de l'Etat, dans l'observation environnementale (équipement de leur service en moyens de mesure, subventions à l'extension des réseaux préexistants).

Les aéroports américains constituent des exemples assez significatifs de ces orientations vers l'observation : 37 stations, dont 4 mobiles, à O'Hare ; 24 à Minneapolis St-Paul. A ce jour, ces systèmes y sont très fréquemment couplés avec d'autres systèmes d'observation (Aircraft Radar Tracking System, Systèmes d'Information Géographique...).

Répondant à l'enjeu croissant que représente, dans les débats entre acteurs, la problématique des effets environnementaux et territoriaux des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires, ces efforts d'observation et de suivi des charges environnementales ont alors contribué, autant qu'ils ont été motivés, à une autre évolution sensible : le développement de systèmes d'indicateurs de suivi des performances des aéroports. Cette orientation des débats vers la question des indicateurs, incarnée par une multiplication de systèmes et tableaux de bord (5 des 13 aéroports observés), mais aussi parfois par une révision rapide (ex : Sydney Kingsford Smith) ou, plus fréquemment, par l'apparition de nouveaux indicateurs (Vienna International Airport), a poursuivi en général un double objectif : bâtir et asseoir de véritables politiques aéroportuaires de communication, et tendre vers des certifications (de management environnemental, à l'exemple de la norme ISO 14001).

Nous reviendrons plus en détail sur cette question des indicateurs, au moment d'énoncer quelques-unes des recommandations scientifiques en matière de prise en compte politique des effets. Cette question non seulement apparaît centrale dans les débats qui concernent à ce jour les devenir aéroportuaires, accouchant rapidement d'innovations (*supra*), mais surtout implique au premier chef la production de connaissances, production particulièrement nourrie sur le thème de l'observation, de l'évaluation, de la métrologie... bref, des indicateurs d'état, d'impacts, de suivi de performances...

Dans le même esprit, bien d'autres mesures ont en fait porté, sur les deux dernières décennies, des politiques communicationnelles des pouvoirs publics et des opérateurs aéroportuaires, deuxième grande étape de l'ouverture mentionnée plus haut :

- apparition de lettres et journaux à destination des riverains (8 des 13 aéroports), supports qui pour certains ont pu aussi servir à des enquêtes postales ; et lieux dédiés (fixes ou itinérants) à la communication autour de l'information environnementale, ayant aussi parfois pour fonction de réceptionner, voire de « traiter » un certain nombre de plaintes (accueil de médiateurs) ;
- développement et étoffement de sites Internet, notamment aussi conçus très récemment comme des supports d'informations plus dynamiques (ex : système VITRAIL en France), voire interactives, surtout aux Etats-Unis, à l'exemple du San Francisco's Real-Time Tracking Online, site web qui a permis à T + 10 minutes non seulement de suivre les trajectoires réelles des avions, mais aussi de disposer d'informations sur les vols, les types d'avions, le nom des compagnies, les trajectoires empruntées, l'altitude des survols, et surtout de connaître les caractéristiques des espaces survolés (couplage avec un mode d'occupation du sol à l'échelle 1/5 000ème)³ ;
- multiplication des bilans environnementaux, voire rapports de développement durable des aéroports, qui tous ce sont considérablement étoffés sur la période écoulée, sur la base notamment des informations environnementales produites grâce aux indicateurs mis en place, mais aussi sur celle par exemple des relations directes accrues des aéroports avec les territoires locaux et les communautés riveraines ;
- interventions plus ponctuelles, à visée préférentiellement symbolique, surtout développées aux Etats-Unis : tarifs réduits pour les résidents suite à des travaux de réfection de piste donc à des modifications de trajectoires (ex : été 2001 à Oakland International Airport), missionner les employés de la plate-forme pour diffuser l'information environnementale, économique... proposée par l'aéroport (ex : Memphis - hub de Fedex), impliquer les riverains dans la reconstitution de films thématiques sur la plate-forme (North Las Vegas Airport), ou dans des Discover Aviation Weeks (baptêmes de l'air), éduquer les jeunes par l'offre de billets à des clubs de sport, à des établissements scolaires (San Diego)...

Enfin, troisième et dernière évolution assez commune, mais selon nous certainement l'une des plus fondamentales pour l'analyse des politiques menées, précisons que ces productions d'informations (observations, indicateurs...) et ces mises en communication ont grandement alimenté le changement tendanciel que connaît la construction de l'action un peu partout (territorialisation et démocratisation), particulièrement dans des lieux à forts enjeux environnementaux : le développement de structures de dialogues, d'arènes de débats, de forums participatifs...

³ Le succès de ce site a été tel que dès la première journée 10 000 connexions ont été établies, conduisant à son blocage momentané.

Différemment nommés, dotés de compétences parfois fort différentes (information, consultation, concertation), les Airport-Community Noise Committees, Dialog Forums, Consultations Consultatives d'Environnement... sont majoritairement apparus et se sont surtout généralisés sur les 10 dernières années, d'abord à l'occasion de projets d'extension des capacités aéroportuaires, puis souvent pérennisés depuis (ex : Francfort Rhin-Main). Avec ici comme autres faits marquants à ce jour, donc outre leur pérennisation remarquable, leur évolution visible mais très lente vers :

- le registre participatif de la concertation, donc s'écartant de la seule information et/ou consultation des acteurs (avec ici, quelques mesures qui en sont ressorties : développement des systèmes de surveillance, étoffement des systèmes d'indicateurs, révision de quelques trajectoires...);
- une ouverture croissante, mais souvent là aussi assez difficile, à des acteurs toujours plus nombreux, principalement du champ associatif (ex : riveraineté éloignée), territorial (ex : grandes collectivités locales) et scientifique (ex : experts...).

5.4 La nécessité d'actions complémentaires : transition vers les recommandations scientifiques

Pour conclure sur cette présentation très synoptique et strictement descriptive des grandes familles d'action, nous indiquerons que l'arsenal de mesures en vigueur est assez impressionnant, et ce dans la totalité des 13 aéroports observés *in situ*. Comme montré jusqu'ici, la conflictualité environnementale assez générale sur les questions et enjeux aéroportuaires a incité à l'évolution des registres d'intervention des pouvoirs publics et opérateurs : rapide mise en communication, lente territorialisation des outils, et démocratisation tâtonnante.

Cette inclinaison vers de telles modalités d'interventions, plus proches des territoires survolés, et complémentaires aux modes plus historiques, essentiellement techniques, centrés sur les sources, rappelle que la problématique des effets environnementaux territorialisés des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires est centrale dans les débats entre acteurs. Le thème des effets sanitaires en constituant l'un des visages peut-être les plus actuels.

L'arsenal à ce jour en vigueur articule actions à la source et à la réception. Il est de nature substantialiste (ex : abaissement des normes d'émissions) ou procédurale (ex : commissions consultatives). Il se fonde sur des dispositions réglementaires ou repose sur actions plus volontaires.

En fait, à ce jour, un peu partout autour des grands aéroports, du fait notamment du degré d'intégration internationale de l'activité aérienne et de la compétition entre aéroports, cet arsenal se compose d'instruments :

- techniques (certification acoustique, ATM... et bien plus rarement régulations horaires) ;
- économiques (taxes bruit, possible complément avec le Passenger Facility Charges - PFCs – né en 1991 aux Etats-Unis) ;
- urbanistiques (périmètres dits de gêne et aides à l'insonorisation, servitudes à la construction dans les pourtours aéroportuaires...);
- communicationnels et participatifs (certification de l'action environnementale des aéroports, lettres d'informations et lieux dédiés à la communication environnementale, comités consultatifs et dispositifs de dialogue...).

Et, dans certains registres d'instruments, la France a pu et peut parfois encore apparaître comme novatrice sur le plan historique. Par exemple, définir des politiques dérogatoires au droit de l'urbanisme (Plans d'Exposition au Bruit), ou encore mettre en place des dispositifs de consultation au milieu des années 80 (Commissions Consultatives d'Environnement), constituaient, pour l'époque, des innovations majeures en comparaison des politiques étrangères, ou encore des initiatives prises par la Commission Européenne.

Toutefois, bien qu'à ce jour partout impressionnant, l'arsenal en vigueur n'a pas limité la conflictualité aéroportuaire pour cause environnementale, comme le stipulent notamment les travaux de l'U.S. General Accounting Office (GAO, 2000 et 2002), et comme en atteste un grand nombre de signaux tangibles :

- après une phase de construction de groupements catégoriels, on assiste à une multiplication, en Allemagne, aux Etats-Unis... de coalitions d'opposition, unissant de plus en plus souvent des associations locales de défense de l'environnement (réunies en fédérations), et des élus locaux, parfois épaulés de chercheurs ou experts, voire aidés de bureaux d'études (Francfort Rhin-Main, Los Angeles International Airport...)
;
- judiciarisation des problèmes et questions environnementales aéroportuaires, par exemple en Grande Bretagne, notamment sous l'angle des effets sur la santé des populations survolées (ex : vols de nuit et perturbation du sommeil à Londres Heathrow), avec peut-être plus d'impacts aux Etats-Unis du fait de la reconnaissance légale des Health Impact Assessments, i.e. Etudes d'impacts sur la santé) ;
- multiplication d'analyses comparatives, benchmarking et autres échanges d'expériences tant par les opérateurs aéroportuaires, compagnies aériennes... que par des associations mises en réseau ou des élus qui se constituent en coalitions, pour alors aussi rencontrer leurs acolytes à l'étranger ; ces démarches visent à étudier et alors proposer de meilleures pratiques d'intervention, comme les visites organisées par Ville et Aéroport sur des plates-formes étrangères en témoignent ;
- avec par exemple ici, autre fait remarquable, la constitution de réseaux internationaux d'experts (Airport Noise Non-Auditory Factors à La Haye et Sydney ; ConCISenet, de l'Öko-Institut en Allemagne...) qui réunissent des chercheurs de disciplines différentes, ainsi que parfois des représentants compagnies aériennes, d'autorités aéroportuaires... notamment sur des fonds européens ;

...

Or, dans cette conflictualité persistante, voire parfois croissante entre acteurs, la problématique des effets environnementaux territorialisés des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires continue à ce jour de jouer un rôle essentiel, comme les questions sanitaires tendent à le montrer.

En fait, il existe donc, malgré les conséquences aussi parfois positives des actions engagées (ex : réduction des émissions sonores par avion), des décalages persistants, voire croissants selon certains observateurs, entre :

- la réalité de certains effets négatifs, pour nombre en passe d'être démontrés (sommeil, santé des enfants, gêne sonore, décotes immobilières, impacts urbanistiques...), et pour d'autres en voie de consolidation rapide ou en cours d'évaluation (ex : dommages épidémiologiques)
- et d'autre part : non seulement les actions d'ores et déjà en vigueur dans nombre d'aires aéroportuaires ; mais aussi, pour ne pas dire surtout, leurs nature et cadres

cognitifs (approches strictement techniques des phénomènes en cause), ainsi que leur dépendance à la régulation marchande, au détriment souvent de lectures bien plus centrées sur les contextes territoriaux et leurs populations.

Que propose la recherche pour faire face à de tels décalages ? Quelles sont ses recommandations en matière d'évaluation, d'indicateurs pour les combler, et ainsi peut-être compléter les types d'action rapidement décrits ?

6. Recommandations scientifiques pour une meilleure prise en compte des problématiques environnementales et sanitaires : entre évaluation et décision

Sans grande surprise, la question de l'évaluation (concernant toutefois principalement des populations ciblées), les appels répétés à plus d'interdisciplinarité, singulièrement sur le thème des indicateurs (moins centrés sur les émissions et plus ouverts aux contextes d'exposition), représentent le cœur des conseils prodigués par la recherche :

- tant de l'épidémiologie ou de la toxicologie pour ce qui concerne l'élucidation des effets sanitaires encore non démontrés, ou pour conforter les premiers signaux tangibles (avec notamment les questions du sommeil ou encore des enfants, *supra*),
- que des sciences humaines et sociales, de plus en plus incitées à contribuer aux efforts de compréhension, à la fois sur ces effets sanitaires (ex : gêne sonore) que sur d'autres (impacts immobiliers, et urbanistiques, inégalités environnementales, coûts sociaux...).

La question de la fiabilité et de la pertinence des indicateurs officiels de pressions environnementales, censés asseoir de telles actions, se pose alors avec acuité, et ce au sein de nombre de débats aéroportuaires. Comme véritables interfaces entre productions de connaissances et construction de l'action (par les normes et seuils qu'ils ont longtemps nourris), il n'est pas étonnant que les indicateurs et évaluations en amont soient placés au centre des propositions scientifiques. Et, puisque les indicateurs peuvent aussi représenter des moments de dialogue et de construction de compromis, la très grande majorité des écrits scientifiques, autant que les quelques initiatives en la matière, font dorénavant référence au développement durable, comme tentative de conciliation entre des enjeux environnementaux, économiques et sociaux.

Nous avons donc choisi de construire le propos autour du thème de l'évaluation et des indicateurs pour l'aide à la décision, et de le structurer en trois temps principaux :

- le premier pointe les grandes limites des indicateurs officiels à ce jour utilisés pour rendre compte des effets sanitaires et environnementaux qui nous intéressent ici, donc pour asseoir d'autres interventions, peut-être plus en phase avec la réalité de tels effets (Partie 1)
- le deuxième temps relaye le constat d'une évolution, encore souvent timide, qu'ont engagé ou que connaissent certains aéroports pour compléter leurs indicateurs d'état, d'impacts et de suivi et ainsi, sinon s'ouvrir à d'autres régulations, tout du moins compléter l'arsenal d'action existant (Partie 2, Chapitre 5)
- les dernier temps décrit les indicateurs et évaluations préconisées par la recherche (ex : effets sur la santé, inégalités environnementales, coûts des dommages...), et s'ouvre, en guise de propos conclusif, aux mesures et outils d'intervention que ces indicateurs et évaluations recommandés pourraient venir avantageusement nourrir (Partie 2, Chapitre 5).

6.1 Les indicateurs environnementaux à ce jour en vigueur autour des aéroports : quelques exemples de décalage avec la réalité des effets sur les populations et les territoires

Comme nous aurons l'occasion de le développer dans le deuxième temps de ce dernier chapitre, les indicateurs officiels d'environnement concernant les trafics aériens et les

fonctionnements aéroportuaires s'ouvrent communément principalement d'abord aux questions sonores, puis bien plus récemment au thème de la pollution atmosphérique et de l'énergie. De plus, ils caractérisent quasi-exclusivement les émissions des avions, et bien plus rarement l'exposition des populations, à la suite d'initiatives plus localisées (ex : couplage avec la trajectographie, modèles d'émissions et occupation des sols). Surtout, ils continuent de se détourner des effets pour certains scientifiquement démontrés. A la très grande majorité des cas observés, ils n'opèrent pas de suivi du bien-être, de l'état de santé, des valeurs immobilières, de la mobilité résidentielle, des dynamiques territoriales, etc. dans les pourtours aéroportuaires.

Cette focalisation commune sur le bruit, mais sous l'angle du suivi technique des émissions, répond de l'historicité des politiques, et des référentiels des acteurs décisionnaires (cf. Chapitre 5). Elle explique alors que la recherche se soit, non moins historiquement, penchée sur la fiabilité et la pertinence de tels indicateurs de suivi (acoustiques), dans leur capacité à rendre compte voire à prévoir les effets environnementaux et dommages sanitaires des fonctionnements aéroportuaires et des trafics aériens.

Il en ressort des décalages persistants, voire croissants. En voici trois exemples, parmi d'autres.

6.1.1. La gêne sonore

Plusieurs travaux ont pu montrer d'assez longue que les indicateurs acoustiques officiels ne permettaient pas de représenter fidèlement les effets dont l'évaluation était visée. De fait, il existe une probabilité limitée que de faibles corrélations doses sonores - effets de gêne (cf. Partie 1, Chapitre 2) puissent fonder de manière pertinente les indicateurs officiels et l'action qui en résulte. Rappelons que les caractéristiques physiques des bruits n'expliquent au maximum que 30 % de la gêne déclarée, à ce jour l'un des effets majeurs autour des aéroports.

PNdB (*Perceived Noise Decibel*), SEL (*Sound Exposure Level*), EPNdB (*Effective Perceived Noise Decibels*), L_{Aeq} (*Equivalent Sound Level*), et autre L_{den} (*Level Day, Evening, Night*) interrogent dès lors la pertinence socio-environnementale de plusieurs mesures qui en découlent un peu partout à travers le monde : Noise Insulation Programs (aide à l'insonorisation), Land use Planning (contraintes d'urbanisme), Levy Charges (taxes et prélèvements)...

Tout d'abord, d'un point de vue strictement acoustique, plusieurs auteurs (Fidell et Schomerm, 2005) mettent directement en cause les procédés techniques de mesure, de calculs et de modélisation utilisés pour bâtir par exemple les cartes officielles de bruit existant ou prévisionnel. Ils leur reprochent une précision insuffisante des données obtenues pour des tracés si précis. Surtout, selon Ringheim par exemple (2005), les analyses doses sonores - effets de gêne classiques combinent plusieurs possibilités d'erreurs importantes : classification des sources, modèles de propagation (logiciels), mesure directe des réponses collectives de gêne... Et, plus particulièrement, selon Guski, le L_{den} , imposé par la Directive européenne de juin 2002, est inadapté pour des situations de multi-exposition.

Quant à l'aérien, on admet de plus en plus que les indices acoustiques et psycho-acoustiques sont de moins en moins convaincants et pertinents : les relations doses sonores - effets de gêne sont trop pauvres pour rendre compte de la gêne et inadaptées pour expliciter les facteurs multiples intervenant dans la variabilité des ressentis (Guski, 2004). C'est ce que d'autres résultats d'enquête que ceux présentés dans le Chapitre 2 sur la gêne sonore laissent aussi.

Par exemple, un sondage conduit entre 2001 et 2003 auprès de 3 000 personnes habitant 57 localités entourant l'aéroport de Zurich-Kloten, complété d'une observation menée sur le

sommeil de 64 volontaires, indique que le bruit du premier avion du matin (couvre-feu de 23h à 6h) est le plus gênant. Non seulement cette étude dès lors montre, une nouvelle fois, que la gêne n'est que peu corrélée aux intensités sonores (de l'ordre de 15 %), mais elle questionne aussi l'indicateur officiel L_{den} : cet indicateur n'introduit pas de pondération négative pour la période du matin. Et, ce sont les résultats du croisement statistique entre les réponses des sondés et les données des tests cardiaques et respiratoires qui le mettent à l'épreuve.

Plus largement, quel opérateur aéroportuaire n'a pas effectué le constat selon lequel les données de gêne sonore déclarée et de plaintes s'étendent bien au-delà des zones acoustiques réglementaires, selon une répartition qui n'est pas toujours une fonction décroissante des expositions sonores, souvent issues de modélisations (Sharp, 2005) ?

6.1.2. Les décotes immobilières

De même, les décotes immobilières pourraient n'être que partiellement reliées aux phénomènes sonores, exprimés par de tels indices. Et, rappelons, comme le tableau ci-dessous le stipule sans contestation possible, que ces décotes pour cause de bruit des avions sont démontrées d'assez longue date autour des aéroports, à l'étranger principalement (Navrud 2002 ; Bateman *et al.*, 2001). Ceci y compris lorsque l'on tient compte des facteurs de valorisation immobilière liés aussi à la proximité aéroportuaire (Button, 2003). Cette décote ne fait à ce jour plus débat dans les sphères scientifiques, ainsi qu'au sein des grands cabinets conseil : *"International research concludes that residential property surrounding airports has lower value level than comparable residential property in areas with similar socio-economic characteristics"* (Ernst & Young, 2003, p. 9).

Tableau 1 - Résultats d'études et de recherche sur les décotes immobilières pour cause de bruit des avions (1960 - 2001)

Auteur	Année d'observation	Aéroport	NDI*
Paik	1960	Dallas	2.3
Paik	1960	Los Angeles	1.8
Paik	1960	New York (JFK)	1.9
Emerson	1967	Minneapolis	0.58
Gautrin	1968-69	Londres (Heathrow)	0.62
Blaylock	1970	Dallas	0.99
Nelson	1970	Buffalo	0.52
Nelson	1970	Cleveland	0.29
Nelson	1970	Nouvelle Orléans	0.4
Nelson	1970	San Diego	0.74
Nelson	1970	San Francisco	0.58
Nelson	1970	St Louis	0.51
Nelson	1970	Washington DC	1.06
Price	1970	Boston (Logan)	0.81
Maser <i>et al.</i>	1971	Rochester (New York)	0.75
Mieskowski et Saper	1971	Toronto (Mississauga)	0.87
Mieskowski et Saper	1971	Toronto (Etobicoke)	0.95
Abelson	1972	Sydney - KSA (1 - Marrickville)	0.4
Abelson	1972	Sydney - KSA (2 - Rockdale)	0.5
Dygert	1973	San Francisco	0.5
Dygert	1973	San José (Etats-Unis)	0.7
De Vany	1974	Dallas	0.8
MacMillan <i>et al.</i>	1975-76	Edmonton	0.51
Fromme	1977	Washington (National)	1.49
Hoffmann	1977-1981	Bodö (Norvège)	0.89
SEDES	1978	Orly	0.5
Mark	1979	St Louis	0.56

O'Byrne <i>et al.</i>	1980	Atlanta	0.67
Pennington <i>et al.</i>	1985-86	Manchester	0.47
Opschoor	1986	Amsterdam	0.45
Pommerehne	1986	Bâle	0.22
Uyeno <i>et al.</i>	1987-88	Vancouver 1	0.65
Uyeno <i>et al.</i>	1987-88	Vancouver 2**	0.9
Tarassoff	1990	Montréal	0.65
Gillen et Levesque	1990	Toronto	0.48
Collins et Evans	1993	Manchester	0.87
Kaufman	1993	Reno (Etats-Unis)	0.28
BAH-FAA	1993	Baltimore	1.07
BAH-FAA	1993	Los Angeles	1.26
BAH-FAA	1993	New York (JFK)	1.20
BAH-FAA	1993	New York (La Guardia)	0.67
Levesque	1994	Winnipeg	1.3
Myles	1995	Reno	0.37
Yamagushi	1996	Londres (Heathrow)	1.51
Yamagushi	1996	Londres (Gatwick)	2.30
Tomkins <i>et al.</i>	1997	Manchester	0.78
Salvi	2001	Suisse (Zurich)	0.74

* Noise Depreciation Index

** Evaluation prenant en compte des données plus récentes (valeurs immobilières, informations acoustiques, caractéristiques des logements et de leur environnement social, urbain...), ou analyse secondaire selon d'autres modalités de traitement.

Source : CRETEIL / GRATICE - Université Paris XII (2004), adapté de : Nelson (1980) ; Pearce (1993); Levesque (1994); Schipper (1997) ; Schipper, Nijkamp, Rietveld (1998) ; Van Praag, Baarsma (2000) ; Navrud (2002) ; Nelson (2004).

Sur cette même période, remarquons que les conclusions des méta-analyses convergent aussi pour indiquer une élévation du niveau des estimations avec le temps : de 0,5 - 0,6 % dans les années 1970 et 1980, à 0,8 - 0,9 % du prix du logement par décibel supplémentaire passé 60-65 dB(A) durant la décennie 1990.

Par exemple, l'une des dernières en date est une étude sur les communes riveraines de Francfort Rhin-Main et sur l'évolution prévisible des valeurs immobilières suite au projet d'extension de l'aéroport a été menée en 2007 par le *Regional Dialogforum* (structure de dialogue pérenne de l'aéroport, mise en place en 2001). La Méthode des prix comparés a été appliquée à partir d'un échantillon de 807 transactions réelles, représentatif des différentes situations (plus ou moins éloignées de l'aéroport et des infrastructures, équipements locaux, etc.) et en les comparant à des quartiers témoins (ex : liaisons terrestres comparables à celles offertes par la proximité de l'aéroport mais sans nuisances sonores) ainsi qu'à des quartiers et des villes comparables à l'échelle régionale, mais n'étant influencées ni positivement ni négativement par l'aéroport.

Il ressort tout d'abord de cette étude que les variations des prix du foncier d'un quartier à l'autre d'une même commune sont imputables au bruit des avions (et à la présence d'équipements publics), mais pas les variations entre communes, qui sont davantage expliquées par l'accessibilité à l'agglomération de Francfort que par celle de l'aéroport. Concernant maintenant les prix de l'immobilier, une baisse intervient à partir de 50 dB(A), avec en moyenne -1 % par dB supplémentaire. Mais, la proximité à l'aéroport, et donc des liaisons routières et ferroviaires qui l'accompagnent, entraîne une augmentation générale des prix, une fois le paramètre bruit neutralisé (+ 10 % pour les logements situés à moins de 30 min de l'aéroport). Sur cette base de résultats, l'évaluation de l'impact lié à la construction de la nouvelle piste montre que ce projet entraînera en moyenne une baisse de 1,89 % sur l'ensemble (large) du territoire considéré. Lorsque sont uniquement considérées les

communes touchées par une baisse des prix de l'immobilier, les plus proches de la plateforme, cette moyenne est de 7,04 %, avec un maximum de 11 % pour une commune située en bout de piste.

La France n'échappe pas au constat de décotes immobilières pour cause de bruit des avions. Une première évaluation hédonique (autour d'Orly) avait même été réalisée par la SEDES en 1978. Elle offrait les premiers enseignements convergents en la matière (cf. Tab 1.). Si, bien plus récemment, l'INRETS (1997), l'ADEF (1999) et l'IAURIF (2003) ont produit des analyses non moins convergentes, elles demeuraient strictement descriptives (simples comparaisons de prix). En fait, c'est en 2004 et 2005 que, coup sur coup, plusieurs travaux économétriques ont proposé des chiffrages monétaires tangibles. Et, pour l'un de ces deux travaux, nous trouvons aussi confirmation de l'augmentation des taux de décote immobilière, pour cause de bruit des avions.

Un travail mené en 2004 (Faburel, Maleyre et Peixoto, 2004 ; Faburel et Maleyre, 2007) autour de 8 communes proches de l'aéroport d'Orly recourt à la Méthode des Prix Hédoniques pour analyser les déterminants des prix de 688 biens immobiliers, sélectionnés dans la base de la Chambre des Notaires de Paris (CD Bien), notamment sur le critère de mono-exposition au bruit.

Une décote immobilière est observée dans les communes subissant le plus les pressions acoustiques en lien avec les trafics aériens (Valenton, Villeneuve-le-Roi et Villeneuve-Saint-Georges), avec un Noise Depreciation Index de 0,96 % du prix du logement par décibel de différence (L_{max}). Ce taux est conforme à ce qu'indique la littérature sur la question (Tab. 1, *supra*). En hypothèse basse, cela correspond à une décote de 4,4 % du prix moyen des logements à Valenton, 5,5 % à Villeneuve-le-Roi et 6,5 % à Villeneuve-Saint-Georges ; en hypothèse haute (avec comme commune témoin une ville totalement épargnée par les avions) une décote d'au moins 10 % par logement.

Toutefois, grâce à la segmentation des bases de valeurs immobilières en plusieurs périodes significatives, il est remarqué que l'indice de dépréciation augmente durant la période allant de 1995 à 2003, passant de 0,86 % du prix du logement par décibel de différence entre la commune témoin et les trois communes identifiées à 1,48 %, alors même que les charges sonores sont demeurées, selon les indicateurs officiels en L_{Aeq} , stables du fait du plafonnement des créneaux à Orly. D'ailleurs, à ce sujet, mais concernant l'aéroport de Chicago O'Hare : *"Reductions in airport noise do not yet appear to be capitalized into property values. Homes that were in severe-noise areas in 1997 sold for the same discount in 2001 as in earlier years"* (Mc Millen, 2004, p. 639).

Une fois croisé avec les indications de gêne sonore tirées de l'enquête menée en 1998-1999 dans certaines de ces communes (Faburel, 2001 et 2003d), cette analyse spatiale des valeurs immobilières illustre la plus grande sensibilité habitante à la question du bruit des avions, et surtout le rôle croissant des facteurs non acoustiques (mais pour certains encore techniques, telle que la fréquence de survol) dans les ressentis et comportements des ménages (ici résidentiels). Levesque avait dès 1994 montré la pauvreté des indicateurs standards d'exposition sonore pour révéler la réalité de tels impacts, à partir de la méthode des prix hédoniques - MPH. Ils privaient les analystes de l'opportunité de voir par exemple dans la fréquence des survols et surtout la variabilité du bruit aérien, des paramètres pertinents à la fois dans l'explication de la gêne mais aussi dans celle des décotes.

6.1.3. Autres exemples de décalages, avec des dispositifs d'action : taxe bruit et insonorisation

Des travaux néerlandais, britanniques et français montrent que le coût des dommages est bien supérieur à ce que rapporte la taxe bruit pesant sur chacun des décollages. Or, rappelons-le, cette taxe a l'acoustique pour fondement (taux : différentes catégories acoustiques d'avions ; base : coût de l'insonorisation dont le périmètre de mise en œuvre est défini par l'acoustique).

Par exemple, bien que Amsterdam Schiphol soit l'un des aéroports qui applique des montants longtemps parmi les plus élevés au monde (Château-Thierry et Rallo, 1998 ; Lu et Morrell, 2001), le coût par avion se situait en 2000 entre 400 et 900 Euros selon la catégorie acoustique de l'aéronef, lorsque la taxe appliquée aux mouvements y est en moyenne de 157 Euros (Morrell et Lu, 2000 ; Lu et Morrell, *op. cit.*). Remarquons alors que la taxe bruit y a été considérablement augmentée en 2008.

Selon le même procédé, DW. et B. Pearce estiment qu'il faudrait augmenter les tarifs par trajet et par passager de l'ordre de 2 % pour couvrir les coûts des dépréciations à Londres Heathrow (i.e. 1,5 €), et de 5 % pour couvrir tous les effets environnementaux à ce jour monétarisables (Pearce & Pearce, 2000). A partir d'une mesure du coût social de la gêne sonore par enquête auprès de la population proche d'Orly, nous indiquions en 2002 qu'il faudrait multiplier par trois le budget dédié à l'insonorisation, et 5 à 7 fois le produit de la taxe bruit pour, en France, couvrir ce coût (Faburel, 2002). Et, même les récents relèvements de taxe opérés pour les trafics de soirée par exemple sur Orly (2007) ne combleront pas ce différentiel, demeurant au moins de facteur 2.

De même, le décalage entre les ressentis de gêne des habitants et l'insonorisation des logements n'est plus à démontrer. Plusieurs travaux d'enquête menés au Japon, en Australie, aux Etats-Unis, et plus récemment en France le stipulent. Ce constat a d'ailleurs fait l'objet de communications très régulières aux différents congrès *Internoise* depuis 10 ans. "*It can be concluded that sound proofing does not, in actual context, relieve the effects of noise in the daily lives of residents*" (Oh, Day, 1998, p. 2).

Par exemple, un sondage mené par la SOFRES pour l'ACNUSA en 2004 auprès de 1 000 personnes, dont 400 autour de Roissy CDG, stipule une gêne due au bruit des avions variant selon les lieux de 23 à 94 % des personnes interrogées, lorsque ces dernières habitent, pour 57 % d'entre elles, dans des logements insonorisés.

6.1.4. Un déficit d'indicateurs spécifiques pour la qualité de l'air autour des aéroports

Parmi les autres effets que ceux liés au bruit, seule la pollution de l'air est, avec l'énergie, l'objet d'indicateurs officiels, du fait de normes en vigueur dans de nombreuses agglomérations, donc de réglementations nationales de suivi de la qualité de l'air (ex : LAURE en France, avec les Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air - PRQA).

Ces indicateurs agrègent très souvent chacune des unités caractérisant la présence des grands polluants dans l'atmosphère urbaine. Il est vrai qu'il n'existe pas à ce jour de connaissances précises sur l'éventualité d'un traceur spécifique de la pollution de l'air due aux trafics aériens, en raison de la forte influence du fonctionnement des agglomérations sur la qualité de l'air et de la composition des pourtours aéroportuaires, avec leur densité d'infrastructures, de zones d'activités... (cf. Partie 1. Chapitre 3.).

En outre, l'évaluation d'effets spécifiques par exemple de la pollution de l'air sur la santé demeure lacunaire pour ces pourtours, comme nous l'avons dit précédemment (cf. Partie 1 Chapitre 2), au point de limiter les possibilités de conception d'indicateurs d'impacts.

Au final, parce que trop uniformes et strictement techniques, donc pas assez décentralisés et territorialisés, les indicateurs standard, qui visent essentiellement le contrôle de normes portant sur les émissions et non sur les expositions, et encore moins l'élucidation des effets,

expliquent très peu les conséquences environnementales et territoriales renseignées ou en voie de l'être par la recherche. C'est ce qui ressort des apports des différents travaux européens, concernant des aéroports de rangs divers (Londres Heathrow, Roissy CDG, Amsterdam Schiphol... Zurich – Kloten, Orly...).

Ils s'avèrent alors, seuls, insuffisants pour bâtir des critères d'allocation des ressources et de définition de priorités d'actions, priorités présentées comme de plus en plus concertées avec les territoires et leurs représentants (Chapitre 5). En fait, les indicateurs techniques en vigueur un peut partout sont hérités de situations socio-politiques ayant changé. A ce jour, la construction de l'action se veut moins centralisée et plus participative qu'auparavant, la privatisation de la gestion des équipements aéroportuaires incite plus à l'insertion de leur fonctionnement dans leurs territoires d'accueil...

Comme dit plus haut, les critiques adressées à la représentativité de ces indicateurs, au premier chef la faible corrélation, reconnue de tous, entre les caractéristiques des pressions acoustiques et plusieurs effets... ont dès lors conduit, mus en cela par les nouveaux mots d'ordre que constituent l'acceptabilité sociale des équipements ou encore que représentent le développement durable ou la gouvernance, à l'engagement de réflexions plus interdisciplinaires et intersectorielles sur de nouveaux indicateurs. Et logiquement, ces autres indicateurs, sans se détourner de la métrologie physique ou chimique, ainsi que des améliorations à lui apporter, notamment sur la question de la fréquence des survols, s'ouvrent progressivement à la question des effets, grâce à d'autres apports scientifiques. C'est d'ailleurs ce que les savoirs, y compris officiels (Fidell et Schomerm, *op. cit.* ; Ringheim, *op. cit.* ; Guski, 2004), adressent de plus en plus comme recommandation première aux pouvoirs publics, ce dans un grand nombre de pays.

6.2. Des évolutions indiciaires de plus en plus remarquées : vers des indicateurs de développement durable ?

Du fait même de la conflictualité persistante autour des aéroports, et des difficultés grandissantes rencontrées par les indicateurs techniques standards à répondre aux demandes d'information en matières d'impacts et dommages, des initiatives remarquables ont été prises, dans quelques aéroports. Ainsi, même le domaine de l'environnement, abordé en priorité (et alors requalifié) par tous sous l'égide de développement durable, l'est de plus en plus différemment selon les contextes territoriaux (exemple : la prise en compte de la faune et la flore en Allemagne). Et, si le suivi des émissions sonores et la modélisation des expositions demeurent néanmoins le dénominateur thématique commun, dans ce registre des novations sont à remarquer.

Le tableau suivant souhaite restituer ces quelques innovations apparues ces dernières années. Il a été conçu en reprenant les domaines, thèmes, catégories et indicateurs, proposés par les bilans d'activités, d'environnement ou de développement durable des aéroports. La restitution se fait donc selon les trois grandes composantes du développement durable.

Tableau 2 - Comparaison internationale des indicateurs innovants mis en place par les aéroports

Domaine	Thème	Catégorie	Indicateurs exemplaires	Aéroports (exemples)
---------	-------	-----------	-------------------------	----------------------

ENVIRONNEMENTAL	Bruit	Acoustique	Person Event Index (PEI) : nombre de personnes exposées à un bruit d'avion supérieur à une certaine intensité, sur une période donnée	<i>Sydney</i>	
			Carte d'émergence N70 : nombre d'événements supérieurs à 70 dB(A) sur un jour moyen	<i>Sydney</i>	
		Trafics	Survol : - Pourcentages d'utilisation des procédures d'approche et de décollage spécifiques pour limiter le survol de zones résidentielles - Part des approches en descente continue (en % du nombre total d'approches d'aéronefs)	<i>Sydney, San Francisco, Los Angeles, Londres</i>	
			Mise en cartographie des indicateurs : - Cartes de répit : intervalle de temps entre les périodes de survol : proportion de temps sans mouvement sur chaque couloir de passage par heure - Cartes de mouvements dans les couloirs : localisation du passage des avions, fréquence de passage, nombre de mouvements jours denses et jours calmes	<i>Sydney</i>	
		Population	Nombre précis de personnes situées dans les zones de bruit	<i>Londres</i>	
			Nombre de plaintes et origine géographique	<i>Los Angeles, San Francisco, Amsterdam, Vienne</i>	
			Sommes versées pour l'insonorisation des logements (en millions d'Euros) et nombre de logements insonorisés	<i>Chicago, Francfort, Vienne, Amsterdam</i>	
		Air	Emissions	Polluants selon la contribution relative des différentes activités de l'aéroport	<i>Sydney</i>
			Concentrations	Polluants : PM10, NO2, CO, benzène, butène	<i>Londres</i>
	CO2			<i>Londres</i>	
	Energie	Consommation	- Energie consommée par l'aéroport en millions de GWh par an ou kWh ou en kWh/véhicule et par type de sources - Part de véhicules utilisant une énergie alternative	<i>Francfort, Genève, Vienne, Amsterdam</i>	
		Production	Volume de production d'énergie renouvelable (photovoltaïque)	<i>Genève</i>	
	Eau	Consommation	Consommation d'eau potable et non potable en millions de m ³ par an et en litres par véhicule	<i>Francfort</i>	
		Rejets	Volume d'eaux rejetées en millions de m ³ , converti en « équivalent-habitant » (EGW) soit le volume d'eaux usées produit quotidiennement par un habitant	<i>Francfort</i>	
		Qualité	- Demande biochimique d'oxygène dans l'eau (DBO) (mg/l)	<i>Londres,</i>	

			- Traceur de qualité : taux de nitrate	<i>Francfort</i>
Sol	Usage		Surface de la plate-forme	<i>Genève</i>
	Pollution		Teneur en zinc, cuivre, cadmium et plomb en mg/kg	<i>Genève</i>
Déchets	Volumes		Volume de déchets produits (dont produits dangereux)	<i>Francfort, Genève, Amsterdam, Vienne</i>
	Valorisations		Pourcentage de déchets recyclés	<i>Amsterdam, Francfort, Vienne, Genève</i>
Biodiversité	Faune et flore		Nombre de collisions avec les oiseaux	<i>Amsterdam, Francfort</i>
			Recensement de la faune et la flore sans précision de période de relevé	<i>Genève, Francfort</i>

ECO NOM IQUE	Activités de la plate- forme	Trafics	Position sur le marché : aéroports régionaux desservis par l'aéroport (en comparaison avec les concurrents)	<i>Londres</i>
		Organisation de l'espace hors plate-forme	- Pourcentage de surfaces agricoles de grande valeur concernées par le besoin d'extension - Surface dés-imperméabilisées en ha	<i>Vienne</i>
	Emploi	Personnels	- Nombre d'employés handicapés - Nombre de personnes en formation continue - Nombre de jeunes en contrat d'apprentissage - Origine géographique des employés	<i>Vienne, Francfort, Londres</i>
		Impacts	- Emplois directs, indirects, induits (méthode ACI) - Comparaison taux de chômage (ex : dans la zone du Grand Londres et autour d'Heathrow - sans précision sur le périmètre concerné)	<i>Francfort, Londres</i>
	Accessibilité	Transports	Répartition modale des passagers et des employés : nombre de voitures, de taxis, de bus, de transferts d'hôtel, nombre d'arrivée par les liaisons train directe...	<i>Francfort, San Francisco, Vienne, Genève, Amsterdam</i>
SOCI AL	Sécurité	Actes	Nombre d'interventions des pompiers	<i>Francfort, Vienne, Genève</i>
	Financement	Sponsoring	Sommes versées aux associations, clubs sportifs, fonds pour l'environnement etc. en millions d'Euros par an	<i>Francfort, Vienne, Genève, Amsterdam,</i>

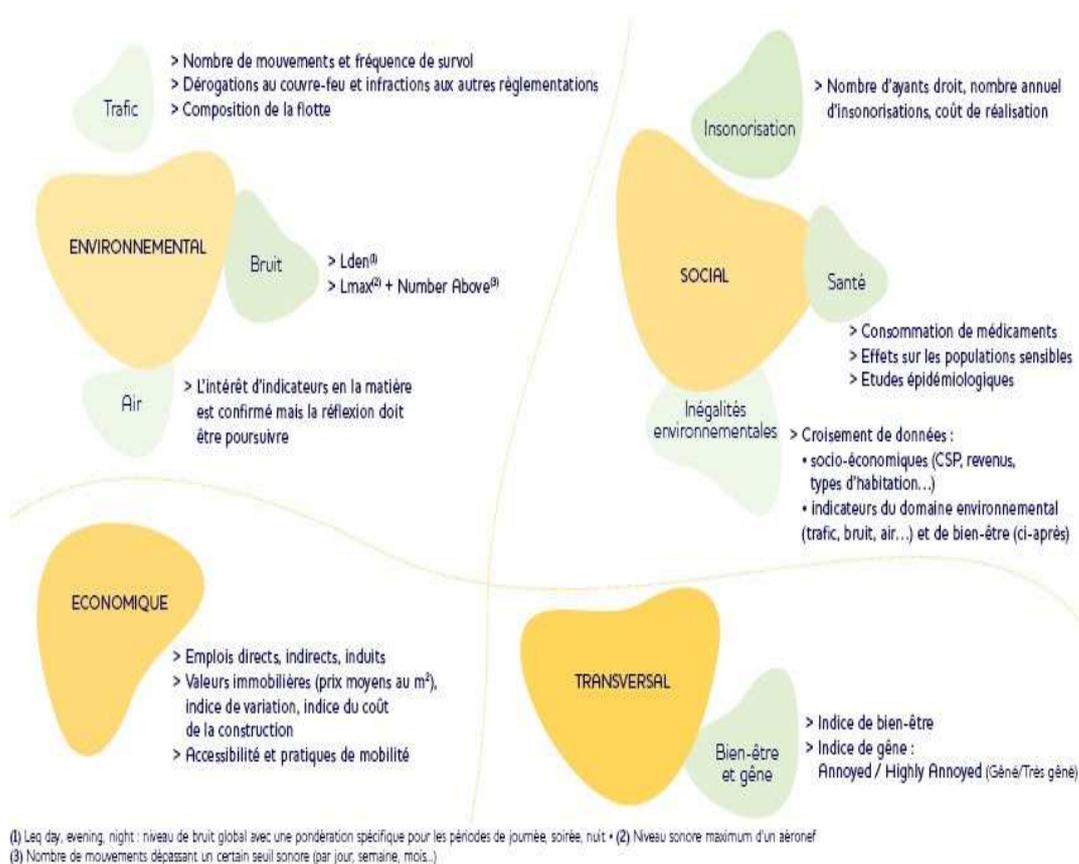
Source : CRETEIL – Université Paris XII, 2007

Bien que développant quelques indicateurs eux-mêmes qualifiables d'innovants (suivi des déviations des trajectoires nominales, enregistrement/traitement des plaintes...), Roissy CDG et Orly (Rapports Développement durable de 2006 et 2007) figurent globalement à ce jour en retrait par rapport aux initiatives prises par les 5 aéroports qui au final concentrent nombre des innovations relayés ci-dessus. Même si un temps en avance concernant certains registres d'action (cf. Chapitre 5), la couverture indiciaire du domaine environnemental y demeure dans la moyenne des aéroports internationaux, au profit peut-être de celle du domaine économique bien représenté par des indicateurs d'activité, ici toutefois surtout centrés sur le suivi des activités propres aux métiers aéroportuaires, singulièrement des opérateurs et gestionnaires : nombre d'entreprises sur la plate-forme, structure des emplois chez l'opérateur ou encore la fiscalité à laquelle ces activités principales sont soumises.

Cependant, les initiatives en cours sur le cas d'Orly (Assises d'Orly, sous l'égide des Conseils généraux de l'Essonne et du Val-de-Marne) et de Roissy CDG (Charte territoriale de

développement durable), pourraient peut-être à termes, concernant Orly notamment, mettre à profit quelques unes de ces innovations et retour d'expériences en la matière.

En fait, sur la base de quelques expériences étrangères, au premier chef de Francfort, Vienne et Sydney, la troisième année des Assises d'Orly a accouché d'un tableau de bord d'indicateurs de développement durable ostensiblement ouvert aux enjeux d'impacts, effets et dommages : emplois, accessibilité, dynamiques sociales et immobilières, santé, qualité de vie... En outre et surtout, il tente d'équilibrer les domaines investis par la notion de développement durable, notamment ses dimensions sociales (suivi des aides à l'insonorisation et évaluation des ayants droit potentiels, inégalités environnementales...), et transversales (ex : bien-être), apparues au final assez pauvres dans beaucoup de cas aéroportuaires observés (*supra*).



Source : Document de synthèse des 3^{èmes} Assises du pôle d'Orly (décembre 2007)

Cette initiative s'est beaucoup inspirée de l'expérience de Vienna International Airport, dont nous relayons ci-dessous le tableau des thèmes d'indicateurs de développement durable, lui-même censé participer tant du suivi des mesures prises et de leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux, que de la préfiguration d'autres actions. Ce tableau est né de consultations, voire parfois comme à Orly de concertations avec des associations de défense de l'environnement, des collectivités territoriales, des représentants du monde marchand (plus modestement)... et les autorités régulatrices.

Tableau 3 - Tableau intégré des thèmes d'indicateurs de développement durable aéroportuaire (Vienna International Airport)

Ecologie	Economie	Social
----------	----------	--------

Production de déchet Rejet d'eaux usées	Protection contre le bruit Dédommagement	Structure sociale Développement de la population
Nappe phréatique Consommation d'énergie	Retombées fiscales Possibilité de développement pour les communes	Structure résidentielle Risques externes
Consommation de surfaces au sol Flore/faune	Evolution des revenus (des familles et des entreprises) Valeurs foncières	Répartition des nuisances et besoins entre les communes Qualité des espaces de loisir et d'habitat
Influence sur le climat Emissions polluantes	Développement touristique Compétitivité du territoire local	Santé
Besoin en transport Répartition des infrastructures terrestres	Installation d'entreprises Emplois	
Bruit	Compétitivité des entreprises Existence d'entreprises agricoles	

Nous renvoyons à Faburel (2008) pour une analyse plus précise non seulement des conditions d'apparition de telles initiatives, des modalités de construction de ces tableaux de bord, mais aussi des limites aussi rencontrées parfois, notamment dans leur conversion ou la volonté de les convertir à l'action. Dans cette perspective d'analyse, d'autres cas, tels Sydney Kingsford Smith ou Genève Cointrin, y sont aussi étudiés). En effet, même si on note ça et là des initiatives remarquables, elles rencontrent aussi limites et difficultés, sur lesquelles la recherche se prononce également. Ces limites et difficultés renvoient notamment à des manques malgré tout persistants en matière d'indicateurs d'état, d'impacts, ou encore de suivi des effets environnementaux et sanitaires des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires.

6.3 Les indicateurs complémentaires proposés par l'expertise et la recherche : effets sanitaires, inégalités environnementales ou encore coûts des dommages

6.3.1. *Vers plus de psychosociologie et de géographie : comprendre les conditions environnementales et les modes de vie des populations*

Vers d'autres indicateurs quantitatifs : vécu de gêne, effets sanitaires et inégalités environnementales

Le pourcentage des personnes gênées (Miedema et Vos, 1998 ; Miedema et Oudshoorn, 2001 ; Commission Européenne, 2003) visait auparavant à valider les descripteurs acoustiques de la gêne, c'est-à-dire les indicateurs acoustiques officiels (cf. travail de Finegold *et al.*, 1993). Ces informations, et notamment le pourcentage de personnes se déclarant beaucoup gênées (*Highly Annoyed*) s'affirment progressivement comme de véritables données endogènes, qu'il convient de considérer comme indication à part entière des situations socio-environnementales. Elles sont recommandées par Eurostat et l'Agence Européenne de l'Environnement (2005) comme un indicateur de développement durable, parmi 12 indicateurs principaux, 45 indicateurs stratégiques et 98 indicateurs analytiques (cf. site Eurostat). Enfin, la production de telles informations fait l'objet de conventions

internationales, échelle verbale de gêne en 5 points (ISO, 2001), suite aux nombreuses enquêtes et acquis en la matière (Partie 1, Chapitre 2).

Par exemple, après avoir montré l'influence sur la gêne sonore déclarée des types de mesures et d'actions, des acteurs qui en sont porteurs, et ce faisant de la définition même du problème bruit par les autorités autour d'Amsterdam Schiphol et Zurich Klöten (Partie 1, Chapitre 2), Bröer évalue grâce à l'analyse d'entretiens, pliantes et articles de presse l'utilité et la portée sociopolitique de l'évaluation de la gêne sonore et des indicateurs susmentionnés (2006).

Il estime que le nombre de personnes s'estimant gênées est un indicateur plus fiable que le niveau acoustique de bruit : il s'agit de prendre davantage acte des revendications citoyennes. Une autre justification est que, pour les riverains, les actions s'inscrivent dans un contexte et qu'elles ne sont pas transposables. Enfin, l'auteur estime que l'avenir de la recherche et de la réglementation concernant la gêne sonore dépend de nouvelles manières de prendre en compte ce problème, et notamment de la capacité à intégrer la réflexion des populations, qui associent le bruit à d'autres enjeux, non moins pleinement politiques (réchauffement climatique, critique de la société de consommation, autonomie locale...).

Les manifestations comportementales de perturbation d'activités sont aussi de plus en plus évoquées comme indicateurs potentiels (Nathanail, 2005), en insistant particulièrement sur les changements intervenus dans l'usage des logements (redistribution des pièces, utilisation du jardin...). Ceci est particulièrement adapté au bruit des avions, et fait déjà l'objet d'échelles internationales de mesure (liste des perturbations à interroger lors des enquêtes).

Il est parfois dit que ces indicateurs de perturbation d'activités seraient peut-être plus pertinents comme indicateur de gêne que les plaintes enregistrées, qui, quant à elles, ont assez tôt fait l'objet de quelques analyses statistiques (Gillen, Levesque, 1994). Les biais introduits par l'intentionnalité de telles plaintes, notamment leurs déterminations sociales et politiques, justifient les hésitations de certains chercheurs à les considérer comme descripteur de gêne, même si, par contre, elle peut s'affirmer comme un complément intéressant (Charlier, 2002).

Mais, des analyses récentes permettraient de lever quelques-unes de ces hypothèses empiriques (Hume, Gregg, Thomas et Terranova, 2003). Et, beaucoup de plates-formes, d'abord américaines (cf. Chicago O'Hare Noise Hotline) puis plus récemment européennes, recueillent leur nombre, et observent leurs variations. Il s'agit toutefois encore le plus souvent à ce jour d'un indicateur de suivi descriptif, permettant d'en comptabiliser l'occurrence, de les localiser et d'en vérifier le motif premier. On est ici dans le registre de la communication (Chapitre 5), plus que d'une aide à la résolution des problèmes.

Les troubles du sommeil (Miedema, Passchier-Vermeer et Vos, 2003 ; Hume, 2003) peuvent être observés par la combinaison des variables suivantes : nombre de réveils en période nocturne, nombre de changements des cycles de sommeil, auto-évaluation personnelle de la qualité du sommeil. Ces effets sont certainement les plus corrélés aux phénomènes sonores, suite à de très nombreux travaux scientifiques, surtout en laboratoire (Miedema *et al.*, 2003). Si des différences importantes entre les résultats obtenus en laboratoire et sur le terrain peuvent demeurer (ex : limites du *self reporting*, auto-évaluation), le nombre de réveils en période nocturne, et notamment, en situation de couvre-feu ou de réduction tangible des trafics de nuit, tôt le matin (cf. Zurich-Kloten, *supra*), s'affirme bien comme un indicateur en devenir (Visser et Wijnen, 2001 et 2003 ; Wijnen and Visser, 2003). Ils prolongent en cela les faits démontrés en la matière Partie 1, Chapitre 1).

En outre, comme certains résultats le laissent penser, et comme plusieurs médecins le recommandent, la prescription, voire la consommation de médicaments pour dormir, serait des indices assez sûrs de suivi des effets du bruit sur le sommeil. De même, plusieurs études réalisées présentent la prescription de médicaments comme indicateur robuste, sous condition,

de révélation des effets du bruit sur la santé (Knipschild et Oudshoorn, 1997 ; Stansfeld *et al.*, 2005) comparé à d'autres indicateurs (nombre de consultations de médecins, d'accidents du travail, ou d'arrêts maladies).

Plus largement, suivant la tendance à l'interdisciplinarité et à la territorialisation des observations, plusieurs indices sont en passe d'être reconnus pour assurer une veille de différents effets du bruit et de la pollution atmosphérique sur la santé (Guillemot, 2005, p. 39) : le nombre d'admissions de patients dans les hôpitaux ou encore le taux d'absentéisme à l'école selon des études irlandaises (Fondaterra, 2005, p. 32). Ces indices ont déjà indirectement été testés concernant le bruit des avions, par exemple autour d'Amsterdam Schiphol (Franssen, Staatsen, 2002).

Donc, force est d'admettre à ce stade que les savoirs et savoir-faire pourtant familiers des autorités centrales et gestionnaires aéroportuaires (psycho-acoustique, recensement des plaintes...) ont d'ores et déjà proposé plusieurs compléments indiciaires, à la suite des limites explicatives rencontrées dans l'approche dose acoustique - effet. Et, dernière orientation défendue à ce jour par la recherche en matière d'indicateurs quantitatifs complémentaires, ces compléments indiciaires participent aussi à ce jour de l'émergence rapide en Europe d'une problématique dérivée, venue des Etats-Unis : celle des inégalités et injustices environnementales.

Dans ce registre, de telles inégalités (i.e. *a minima* le croisement de données concernant la qualité environnementale des territoires et leur structure socio-économique) sont de plus en plus hissées au rang d'indicateur socio-environnemental de développement durable, notamment pour saisir les inégalités sociales face à la santé environnementale.

Dans ce registre, citons tout d'abord le programme de recherche engagé depuis maintenant six ans par Fairburn en Grande-Bretagne, sur la question des inégalités sociales face à la qualité de l'air en général, et qui a conduit à des compléments aux nomenclatures statistiques nationales. Un indicateur de qualité de l'air a été officiellement intégré à l'indice national de pauvreté (Index of Multiple Deprivation) depuis 2004. Cet indice vise à analyser la relation entre santé et pauvreté à l'échelle régionale et locale ; il est par ailleurs utilisé à des fins redistributives (aides sociales). L'indicateur de qualité de l'air, mis au point par l'université de Staffordshire (Fairburn, Walker, Smith, 2005), est un indicateur multiple, né des connaissances, encore parfois ténues, centré sur ses effets sur la santé publique. Il a été intégré aux nomenclatures nationales (IMD), intégration qui marque la première prise en compte d'un paramètre environnemental dans l'évaluation de la pauvreté au Royaume-Uni (Fairburn, 2008).

Concernant les pourtours aéroportuaires, les inégalités environnementales focalisent de plus en plus d'attention scientifique en Europe. Il est vrai qu'il admis d'une manière générale que les plus hauts revenus vivent bien plus que la moyenne dans des quartiers plus tranquilles, quand les ménages de rang plus modeste vivent dans des environnements, notamment sonores, bien plus dégradés (Nijland *et al.*, 2003, p. 138). Aussi, suite au départ de ceux qui en ont les moyens (financiers, sociaux, familiaux...), une homogénéisation sociale des espaces s'enclenche.

Mais, si ces phénomènes de polarisation sociale ont déjà été observés autour de plusieurs grands équipements : « *Toute décision en faveur d'un équipement nuisible à l'environnement entraîne une baisse des valeurs foncières et immobilières, ce qui favorise l'attraction de populations pauvres.* » (Been Vicki, 1994, cité in Ghorra-Gobin, 2000, p. 156). Et, si le phénomène expliqué sous l'angle de la justice environnementale (distribution spatiale non équitable des nuisances pesant plus fortement sur les bas revenus et les minorités) a été passé en revue pour les projets d'autoroute par Forkenbrock, Benshoff et Weisbrod en 2001. En

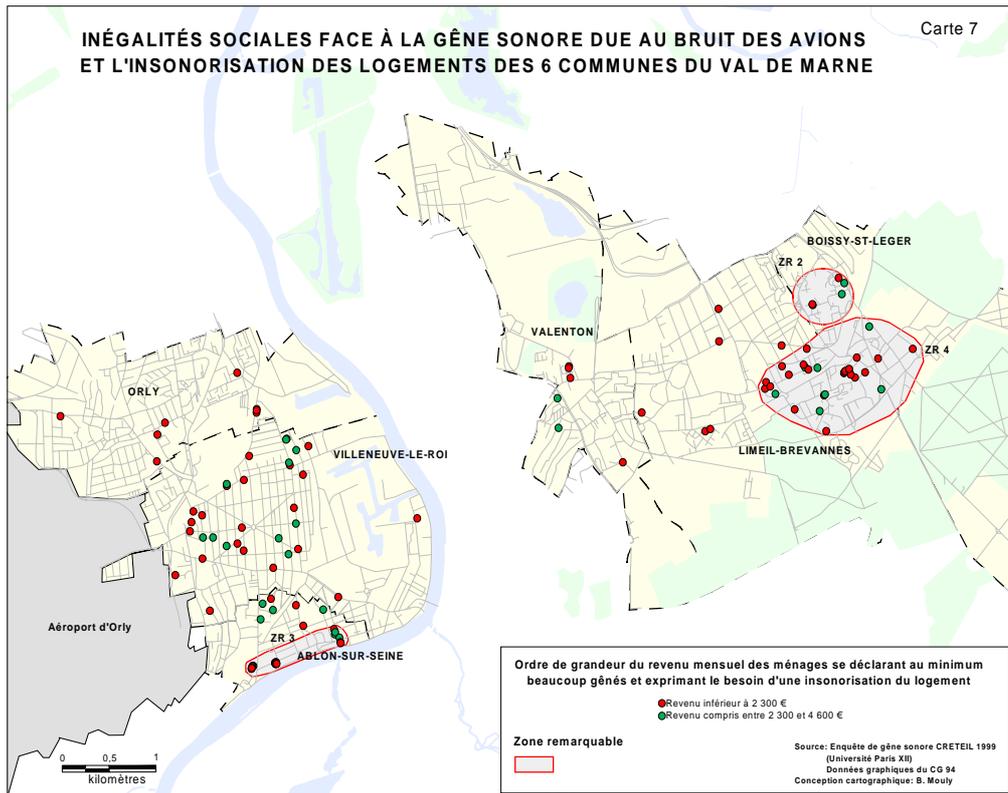
revanche celui associé à d'autres infrastructures de transport, notamment les aéroports, est moins renseigné (Schweitzer, Velenzuela, 2004), exception peut-être de quelques signaux accumulés (en France notamment) et d'un travail achevé en 2007 autour d'Amsterdam Schiphol.

Et, puisque sur le thème de la qualité de l'air, les incertitudes persistantes sur la contribution des émissions des trafics aériens aux concentrations locales (Partie 1, Chapitre 3) interdisent à ce jour toute tentative dans ces contextes, ces quelques acquis portent sur les nuisances sonores, à partir des connaissances accumulées par les enquêtes de gêne, évaluations de décotes immobilières...

Par exemple, l'immobilité résidentielle des populations modestes a été remarquée dans les cœurs de pôles aéroportuaires de Roissy et d'Orly. L'IAURIF, dans une étude remarquée (2004), considère qu'une partie de la population domiciliée dans les pourtours immédiats des grands aéroports franciliens accepte de rester et de subir les nuisances sonores en contrepartie de la possibilité de se loger dans des logements individuels et d'avoir le statut de propriétaire malgré des revenus limités (IAURIF, 2004, p.193). La mobilité résidentielle est moins importante sur les cœurs de pôles que la moyenne des départements concernés. Ce qui semble confirmer qu'une partie de la population se situe dans une « *trappe de l'immobilité* » parce qu'elle n'a pas les ressources nécessaires pour se loger ailleurs ou qu'elle est confrontée à des difficultés de revente de son bien immobilier.

Autour d'Orly maintenant, deux recherches montrent aussi des phénomènes de polarisation sociale pour cause de environnementale liée au fonctionnement aéroportuaire : pour la première : Faburel (2001) et Faburel et Mouly (2003) ; pour la seconde, Faburel, Maleyre et Peixoto (2004) et Faburel et Maleyre (2007).

La première montre une première lecture des inégalités face à la gêne sonore, et, de manière pré-opérationnelle l'intérêt du traitement par Systèmes d'Informations Géographiques des indicateurs de gêne et socio-économiques pour l'aide à la décision : l'apparition d'autres territoires autour d'Orly. Cette lecture a été développée en géocodant les données d'une enquête menée en 1998 et 1999 auprès d'un échantillon représentatif de six communes à proximité d'Orly et en spatialisant surtout le croisement de variables territoriales et socio-économiques susceptibles d'expliquer explicatives de la gêne sonore déclarée pour cause de bruit des avions. La carte suivante livre un exemple des croisements possibles.



La visualisation des croisements statistiques entre niveaux de revenu, besoins d'insonorisation et intensité de gêne sonore due au bruit des avions, font apparaître des inégalités environnementales à la fois de nature nouvelle et plus circonscrites dans l'espace (cercles rouges de la carte) : fondées sur le vécu sonore, et non seulement l'exposition acoustique. Ce type de cartographie pourrait aider à définir de manière opérationnelle des espaces prioritaires pour l'intervention sociale et environnementale.

La seconde recherche a déjà été évoquée plus haut (Faburel, Maleyre et Peixoto, 2004 ; Faburel et Maleyre, 2007). Elle montrait l'existence d'une décote immobilière pour cause de bruit autour d'Orly et que cette décote tendait à augmenter malgré la stabilisation officielle des niveaux d'exposition sonore, du fait de l'influence paramètres non acoustiques (ex : sensibilité sociale au bruit). Ce même travail montre aussi que dans les communes des pourtours d'Orly dans lesquelles cette décote est la plus importante, les profils sociaux des acquéreurs et vendeurs tendaient à indiquer une lente paupérisation : beaucoup plus de vendeurs des Catégories socioprofessionnelles (CSP) dites moyennes et supérieures et arrivée plus massive des CSP modestes (Ouvriers et Employés).

Ce lien entre déqualification environnementale et personnes démunies a aussi été constaté ailleurs, en Suisse notamment : « *Comme dans la plupart des endroits bruyants, les riverains [de Genève – Cointrin] sont dans l'impossibilité de payer un loyer plus élevé, faute de revenus suffisants. Parmi les catégories exposées au trafic, on trouve notamment des personnes âgées démunies, les femmes élevant seules leurs enfants (...) les familles d'étrangers.* » (OFEFP, 2005).

Toutefois, le travail à ce jour sans conteste le plus ample sur la question, est de H. Kruize (2007). Dans le cadre de sa thèse, Hanneke Kruize a analysé l'équité environnementale à l'échelle des Pays-Bas et de deux régions fortement urbanisées, dont la zone de l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol. Les inégalités environnementales ont été évaluées en fonction de la

répartition des « moins » environnementaux (« *bads* »), c'est-à-dire des éléments non-conformes aux normes en vigueur, et des « plus » environnementaux (« *goods* »), donc des éléments conformes aux normes ou aux objectifs fixés, selon les catégories de revenus, en retenant comme indicateurs environnementaux : le bruit du trafic aérien, les émissions d'oxyde d'azote, les risques et la présence d'espaces verts.

Cette étude montre que les populations à revenus modestes vivent généralement dans des conditions environnementales légèrement moins favorables, avec de plus fortes disparités en ce qui concerne la présence d'espaces verts. Les différences observées concernent surtout les zones où le bruit des avions et les émissions d'oxyde d'azote sont faibles. Mais, étonnamment, les populations bénéficiant des revenus les plus élevés sont apparues plus exposées au bruit du trafic aérien que les populations aux revenus les plus faibles. Ceci provient notamment de la définition de ce qui fait qualité environnementale : uniquement assise sur des normes techniques. Toutefois, ici, les comportements et ressentis peuvent intervenir en complément d'analyse, dans le sens dès lors plus conforme aux travaux du courant de la justice environnementale.

Les comportements économiques (choix du logement par exemple) et politiques des ménages (participation au processus décisionnel) des populations jouent un rôle dans l'équité environnementale. La perception de la qualité de l'environnement local diffère parfois de la qualité définie de manière dite objective par les normes en vigueur. Ces décalages sont notamment plus importants pour les personnes ayant un faible revenu. Ces personnes sont par exemple souvent moins impliquées dans la vie de quartier.

En outre, concernant cette fois-ci les ressentis, cette étude montre que les personnes ayant les revenus les plus faibles sont davantage gênées et vivent dans des conditions environnementales plus dégradées, ce qui, rapproché du précédent constat, conduit à penser qu'elles ne défendent pas leurs intérêts environnementaux avec autant d'efficacité que les personnes plus favorisées. Dès lors, moins favorisées en matière de santé, elles seraient plus vulnérables aux facteurs environnementaux.

En conclusion, l'auteur soulève bien le rôle important de l'Etat dans la configuration des disparités environnementales. A ce titre, elle estime que les questions d'équité environnementale devraient être intégrées aux études d'impacts environnementaux, ce qui permettrait alors de mettre en évidence les effets distributifs des décisions politiques, de favoriser une participation plus équitable au processus décisionnel et peut-être, enfin, d'inclure d'autres aspects du cadre de vie environnemental.

Vers des compléments qualitatifs : mise en cartographie du vécu sonore ou encore de la qualité de vie

Tous les indicateurs et savoir-faire précédents, à la fois complémentaires et pré-opérationnels, pour certains déjà testés autour de quelques aéroports, restent globalement déployés de manière strictement quantitative : questionnaires fermés et instrumentation technique, analyses statistiques... Or, du fait de corrélations fragiles entre expositions et dommages, cette lecture ne suffit plus à saisir la diversité des effets et phénomènes décrits.

D'autres connaissances, émanant aussi des sciences humaines et sociales, s'en écartent pour proposer parfois de nouveaux indicateurs, pour nombre plus qualitatifs mais non moins opérationnels. Il est vrai que, par-delà les méthodes mises en œuvre, et qui mobilisent surtout des psychologues, des sociologues ou encore des géographes (cf. Moser et Weiss, 2003), ces quelques indicateurs sont souvent directement issus des métiers du diagnostic territorial

urbain et visent à rendre compte de la diversité des ressentis et vécus, dans chaque situation, d'abord considérée comme spécifique.

Certes, l'habitude veut que les pouvoirs publics considèrent la psychologie et la sociologie comme trop qualitatives. Elles seraient alors soit nichées dans les hauteurs confortables de la théorie, soit enfermées dans les particularismes locaux. Pourtant, leurs méthodes et techniques d'analyse ont déjà trouvé traduction opérationnelle, dans le domaine du bruit notamment (Faburel, Polack, Beaumont, 2007), ayant permis à la psychosociologie de proposer par exemple des indices de qualité de vie (IQV).

Ces indices participent de la tendance générale décrite plus haut, autour d'indicateurs dits de développement durable. En voici quelques témoins très généraux :

- Multiplication des sondages et enquêtes d'opinions donnant lieu à des baromètres et scores de satisfaction, de bien-être... (ex : la Commission Européenne sonde le « bonheur » des européens et l'Université de Zurich réalise périodiquement un *World Values Survey*, pour 60 pays, en vue de définir des « scores de bonheur ») ;
- Développement d'études sur ce thème (ex : DREIF, 2005), de consultations du public, d'ateliers participatifs, voire de Conférences de citoyens (ex : dans le cadre du SDRIF de 2006) ;
- conférences internationales (ex : sous l'égide de l'OCDE à Rome de 2007) et constitution en 2007 d'une commission nationale de réflexion sur les indicateurs de mesure du bien-être social (en présence de deux Prix Nobel d'économie)...

Plus près de nos thèmes de travail, des indices ont été forgés au contact des situations d'inconfort sonore, et depuis lors aussi confrontés aux contextes aéroportuaires, par exemple près d'Orly et de Roissy CDG, ou plus récemment de Francfort (Schreckenberget Meis, 2006). Comme l'exemple que nous allons livrer ci-dessous l'indique, ils croisent plusieurs facteurs individuels ou collectifs, pouvant aller jusqu'à mobiliser une trentaine de variables soumises par questionnaire.

L'analyse secondaire menée par M. Periañez pour l'ADEME en 2001 des 84 entretiens qualitatifs issus des trois pré-enquêtes réalisées sur le vécu des situations sonores des riverains de Roissy CDG et d'Orly est particulièrement intéressante. Au moins deux de ces pré-enquêtes avaient pour particularité première d'être bien plus ouvertes et exploratoires des multiples dimensions individuelles et collectives explicatives des ressentis sonores, que l'enquête quantitative de gêne qui en a été tirée (cf. Partie 1, Chapitre 2 : Vallet, Vincent et Olivier, 2000).

Repartant de l'ensemble des déclarations de gêne, l'auteur a testé l'influence de plusieurs variables pleinement socio-environnementales, notamment des facteurs résidentiels (l'ancienneté, le parcours, l'origine urbaine ou rurale, etc.), des facteurs socioéconomiques (le statut d'occupation, le type d'habitat, la raison de l'installation, etc.), des facteurs de perception (du cadre de vie, de ses composantes...), de représentations (les rapports avec ADP, l'appréciation générale de l'aéroport, les significations de l'aviation, les croyances d'effets etc.) et de satisfaction (l'appréciation de la vie locale, etc.). Sur cette base, il en tire la conclusion que l'expression de la gêne sonore puise surtout dans la qualité de vie locale des populations soumises au bruit des avions.

Il propose alors, suivant en cela ses travaux menés au CSTB sur l'habitat dans les années 70 et 80, un Indice de Qualité de Vie (IQV), qui se construit par la mise en parallèle de huit facteurs individuels ou collectifs, mobilisant une trentaine de variables soumises par questionnaire : la bonne ou mauvaise situation psychologique et somatique (individu), la réalisation dans le logement actuel (individu), la satisfaction ou l'insatisfaction quant à

l'évolution des enfants (famille), l'ambiance familiale étendue (collatéraux, ascendants, belle-famille) (famille), le degré de réalisation dans la trajectoire personnelle et le travail (société), l'attitude envers le changement social en général (société), le degré de réalisation dans la vie de loisir, la nature (environnement), l'intégration à la vie du voisinage ou à l'image du quartier (environnement social).

Il en ressort qu'un IQV positif peut venir moduler la déclaration de gêne, à niveaux sonores *a priori* comparables, donc aider à identifier et surtout à mettre en système les facteurs individuels et collectifs qui font du vécu sonore un vécu pleinement territorial.

A ce jour, de telles expérimentations se multiplient, mais principalement en dehors du domaine de l'aérien et de l'aéroportuaire. Toutefois, précisons que ce type d'initiative ne peut, et ne doit pas faire l'impasse sur l'observation des charges sonores, donc sur l'application d'une métrologie et d'indices acoustiques. Bien que partiellement déterminantes des ressentis et vécus, les facteurs acoustiques livrent un potentiel explicatif, comme les recommandations de l'OMS restituées ci-dessous le rappellent.

Tableau 4 - Recommandations de l'OMS en matière de niveaux sonores, selon les effets desquels le bruit participe

Environnement spécifique	Effet critique sur la santé	L _{Aeq} en dB(A)	Base de temps en heures	L _{Amax}
Zone résidentielle extérieure	Gêne sérieuse pendant dans la journée et la soirée	55	16	-
	Gêne modérée pendant la journée et la soirée	50	16	-
Intérieur des logements	Intelligibilité de la parole et gêne modérée pendant la journée et la soirée	35	16	-
Intérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil la nuit	30	8	45
A l'extérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, fenêtre ouverte	45	8	60
Salles de classe et jardins d'enfants, à l'intérieur	Intelligibilité de la parole, perturbation de l'extraction de l'information, communication des messages	35	Pendant la classe	-
Salles de repos des jardins d'enfants, à l'intérieur	Perturbation du sommeil	30	Temps de repos	45
Cours de récréation, extérieur	Gêne (source extérieure)	55	Temps de récréation	-
Hôpitaux, salles/chambres à l'intérieur	Perturbation du sommeil, la nuit	30	8	40
	Perturbation du sommeil, pendant la journée et la soirée	30	16	-

Source : OMS, Guidelines for community noise, 2000

Remarquons ici le recours croissant au Système d'Informations Géographiques (SIG) pour l'élaboration d'indicateurs qui, au nom du développement durable, se prêtent à une analyse spatiale multidimensionnelle. Pour Deprez et Bourcier (2004), les arguments en faveur d'un recours croissant à l'outil SIG pour la création des indicateurs de développement durable et leur analyse spatiale sont nombreux. Il permet :

- de décloisonner les études thématiques traditionnelles au profit d'une analyse multicritère et donc de considérer de façon simultanée, et non plus isolée, les différentes informations disponibles ;
- de restituer des éléments d'information à l'échelle d'analyse la plus pertinente pour le problème considéré, donc de penser des compromis scalaires selon les phénomènes dont on cherche à rendre compte.

C'est le cas notamment de la cartographie psycho-géographique mise en œuvre par l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR) ou encore du vécu sonore territorialisé (ressentis de gêne sonore et satisfaction territoriale), proposée par le CRETEIL - Université Paris XII (Faburel et Gaudibert, 2007), qui visent tous deux à partir de données quantitatives et qualitatives à territorialiser les ressentis, représentations et pratiques, pour l'aide à la décision (ex : définir des espaces prioritaires d'intervention sur la base des vécus par les populations soumises à des charges environnementales). La carte relayée plus haut sur le thème des inégalités environnementales autour d'Orly en constituent un exemple.

Enfin, précisons que certaines de ces expériences pré-opérationnelles ou opérationnelles complètent les données, les définitions « expertes » et approches quantitatives, d'évaluations participatives avec des acteurs en situation (*Participatory Appraisal*), centrées sur l'exploration des perceptions, représentations et pratiques de groupes de représentants

d'acteurs et d'habitants (ex : The Countryside Agency - UK , 2005). Suivant en cela M. Leroux, cela permet aussi d'entrevoir d'autres types et modalités d'actions : « *privilégier le discours de la gêne à sa difficile évaluation [...] Son approche discursive et délibérative offre des possibilités de gestion favorables à l'approche environnementale* » (Leroux, 2003).

6.3.2. Vers plus d'économie spatiale et environnementale : qui perd, qui gagne ?

Méthodes d'évaluation des effets d'entraînement, de l'évolution des tissus résidentiels et des impacts des servitudes urbaines

Nous trouvons d'autres savoirs et savoir-faire, aussi directement ou indirectement représentés dans les débats aéroportuaires. C'est au premier chef le cas de l'économie spatiale. Et, dans ce registre, les premières recommandations émanant du champ scientifique s'ouvrent aussi bien sûr la problématique des effets, mais sous l'angle des impacts cette fois-ci positifs des aéroports. Il est vrai que la question qui traverse beaucoup la recherche économique sur les aéroports, notamment consacrée au devenir des trafics aériens (travaux du Laboratoire d'Economie des Transports, CNRS) ou encore au développement des capacités et de leur insertion territoriale (cf. Travaux de J. Varlet de l'Université de Savoie), implique pour beaucoup une question générique : Qui perd et qui gagne face aux fonctionnements des aéroports ?

Tous les travaux visant à ce jour à évaluer les effets d'entraînements des aéroports, au premier chef en termes d'emplois, se positionnent par rapport à des conventions internationales (et non pas des standards, contrairement à la problématique sonore par exemple). Un type assez remarqué de conventions, en passe de devenir une méthode incontournable pour tous les opérateurs aéroportuaires, est la méthode proposée par l'*Airports Council International* (dite méthode ACI) pour dénombrer les emplois « générés » par une plate-forme : emplois directs, indirects, induits.

Ainsi, emplois « directs », « indirects » et « induits » se sont affirmés comme des indicateurs d'effets et de suivi, et ce dans nombre d'aires aéroportuaires, sous l'influence notamment d'initiatives dédiées apparues ces dernières années (ex : bourses à l'emploi). Leur opérationnalité et surtout la pertinence de leur apport aux débats requièrent toutefois de suivre la voie ouverte par certains aéroports (ex : CCI de Bordeaux), en complétant la méthode de comptage par conversions proposée par l'ACI à partir :

- d'enquêtes assez exhaustives auprès des entreprises localisés au sein, à proximité immédiate ou plus loin (selon la nature des activités) de la plate-forme ; et en géocodant précisément les emplois, activités et surtout les points d'entrée et de sortie des flux ;
- afin de déterminer précisément le degré d'irrigation et la capitalisation spatiales des différents territoires directement ou non concernés par le fonctionnement de l'aéroport ; et ainsi de renseigner exactement l'impact aéroportuaire sur la base d'emplois locaux.

Cette recommandation de compléments d'observation par enquêtes puis géo-référencement, qui affleure dans nombre d'écrits (Province of Noord-Holland, Projet COFAR, 2000) ou qui ponctue des séminaires récents (DGAC, 2006), concerne en fait l'ensemble des effets positifs, que ce soit sur l'emploi, les dynamiques de l'immobilier d'entreprise ou encore la desserte locale et son offre (matrices origines / destinations, enquêtes transport...), voire toute autre

richesse sinon linéairement dépendante tout du moins congruente à la présence aéroportuaire (cf. Faburel et Charre, 2008).

Cette recommandation visant l'observation plus empirique que de conversions standardisées concerne aussi des effets socio-spatiaux plus négatifs, à l'exemple du suivi de l'occupation des sols, et particulièrement des effets des servitudes aéronautiques, environnementales... sur la structure des espaces proches de la plate-forme. Le recensement et la localisation précise évoquée ci-dessus pour les activités économiques en constitue d'ailleurs un des points d'appui, mais pas le seul.

Dans ce cadre, il y aurait lieu, suivant cela les propositions évaluatives de Cidell et Adams (2001) à partir de l'analyse des pourtours de 15 aéroports américains, concernant les aéroports, de constituer :

- des bases de données spatialisées sur l'évolution de l'occupation des sols durant les 20 dernières années (MOS),
- en privilégiant notamment la production d'informations rendant compte de l'évolution des espaces résidentiels, des espaces naturels et des espaces en friche.

Et, dans ce registre, nul doute que des exploitations secondaires et actualisations des recensements et enquêtes logement de l'INSEE, ainsi que l'engagement d'évaluation dédiées aux choix résidentiels des ménages pourraient aider, comme à Francfort Rhin-Main très récemment, à renseigner des zones d'ombre persistantes en matière d'effets aéroportuaires sur les dynamiques territoriales.

Dans le prolongement, et suivant toujours en cela Cidell et Adams, mais aussi des réflexions qui traversent nombre de débats autour des devenir aéroportuaires, il y aurait certainement lieu d'observer plus systématiquement l'évolution des valeurs foncières et immobilières, dans les cœurs de pôle, mais aussi par cercles radio-concentriques, jusqu'à au moins 20 kilomètres de l'emprise aéroportuaire.

Ici, l'indice annuel du coût de la construction, mais aussi l'indice annuel des prix moyens de l'immobilier (tiré des transactions observées par la Chambre des Notaires de Paris) pourraient être mis à profit pour un suivi, certes partiel, mais réaliste et actualisé des évolutions territoriales dans les pourtours d'aéroports, en complément des données fiscales proposées par les services de l'Etat (base Filocom).

Dans ce dernier registre, nous renvoyons au travail très complet et récent de préfiguration dans le Val-d'Oise d'un observatoire territoriale des politiques publiques dans la zone C du PEB de Roissy (Duguet, 2008). L'auteur y recense l'ensemble des données territoriales et bases disponibles (emploi, pauvreté, fiscalité, équipements publics, marchés de l'immobilier...), et propose leur mobilisation et organisation concertée pour en faire les prémices d'un observatoire. Ce document pourrait très avantageusement servir pour les autres plates-formes franciliennes, compte tenu notamment de la large couverture spatiale de la plupart des bases (souvent nationales) mobilisées.

Des appels répétés à des évaluations empiriques de coûts sociaux

L'économie de l'environnement propose aussi, par le biais de recherches finalisées ou études scientifiques, des indices *a priori* opérationnels intéressants. Ceux qu'elle propose visent notamment à décrire le coût social des atteintes environnementales et territoriales : coûts médicaux, coûts des dépréciations, coûts de protection des logements, coûts de requalification ou de redynamisation des espaces...

Ces coûts sont dénommés « coûts sociaux » parce qu'ils ne sont, pour nombre, pas facturés aux agents qui en sont responsables, mais supportés par la collectivité, en dehors de toute transaction marchande directe. Ce sont des coûts cachés par le fonctionnement marchand et le déficit de régulation publique. Leur évaluation pourrait aider à des arbitrages (augmentation des taxes, modulation des prix, évaluation des impacts de projets...) afin d'infléchir des situations d'insatisfaction environnementale, porteuses d'inégalités sociales et territoriales non négligeables. C'est ce qui ressort de nombreux rapports officiels publiés sur les 20 dernières années.

Or, si en nombre d'évaluations, certains pays d'Europe ont déjà pratiqué des évaluations de tels coûts monétaires (HEATCO, 2005), en proportion, elles n'ont encore que peu porté sur les pourtours aéroportuaires. Il est vrai qu'il faut d'abord connaître précisément les effets environnementaux des flux et infrastructures pour engager de telles monétarisations. Pourtant, non seulement des données d'effets existent déjà (Parties 1 et 2), et surtout, nombre de recommandations internationales ont déjà incité les pouvoirs publics à s'atteler à de telles évaluations empiriques articulant l'observation des dommages et leur monétarisation. *“Individual costs of mobility do not reflect the full costs to society. It is necessary to improve economic assessments and internalisation of costs and benefits, correct pricing-signals (...) There is a world to win: Start to act now!”* (WHO / UNECE-PEP, 2003, p. 11).

Ces recommandations internationales préconisent surtout depuis peu la réalisation d'évaluations de coûts sociaux en contexte, c'est-à-dire à l'échelle des territoires pressentis des dommages, et des interventions directes (Nash *and al.*, 2003, p. 9). Il est vrai que les transferts de valeurs depuis d'autres études et lieux, largement pratiqués sur les trente dernières années (cf. WWW / INFRAS, 2000), posent problème (Guelton et Fritsch, 2005, p. 8).

Ce sont donc les consentements à payer (CàP) des agents (ex : ménages) en situation qui doivent servir d'indicateur de mesure (HEATCO, 2005 ; Eurocontrol et Envisa, 2005). Cela permettrait de garantir le suivi précis des actions aéroportuaires, et d'introduire plus avant de nouveaux principes (équité sociale, transparence...) comme critère d'évaluation, pensés dès l'amont des estimations (Nash *and al.*, *op. cit.* ; Faburel et Mikiki, 2004 ; Bristow, 2004 ; HEATCO, *op. cit.*). Le CàP est l'indice, standard, de toute mesure de coût social. Il a déjà fait l'objet de nombre d'applications dans le champ de l'économie de l'environnement.

Différentes méthodes d'évaluation sont arrivées à maturité dans sa mesure. Notamment, la Méthode des Prix Hédoniques (MPH), qui sert à définir les composantes de la valeur des biens immobiliers, et objet de nombre de travaux dans le domaine du bruit (Navrud, 2002), et la méthode d'évaluation contingente (MEC), dispositif d'enquête auprès des ménages (mesurant aussi la gêne sonore, notamment), sont les deux méthodes recommandées par la littérature (Commission Européenne, 2003).

Ici, le Noise Depreciation Index (ou indice de dépréciation immobilière cf. ci-dessus sur les décotes), dont l'usage découle de l'application de la MPH, pourrait aussi s'affirmer comme un des indices de mesure monétaire des effets, en l'occurrence immobiliers, à compléter toutefois d'indices de suivi des effets potentiellement plus positifs des aéroports (Indice annuel du coût de la construction, Indice annuel des prix moyens de l'immobilier... *supra*). Toujours dans la même optique, mentionnons l'existence des ventes dites à perte comme indice qui pourrait venir nourrir avantageusement les débats (Faburel et Maleyre, 2005) notamment dans le cadre de réflexion sur des fonds de garantie des dévalorisations immobilières. Leur observation semble permettre d'identifier plus finement les situations de pertes nettes de capital immobilier.

Certes, du fait de leurs biais et limites respectives, les résultats de ces méthodes diffèrent souvent. Par exemple, la MPH est jugée fragile (Baranzini et Ramirez, 2002) car très sensible aux décisions et aux conditions de fonctionnement et d'évolution du marché immobilier (Schipper *et al.*, 1998). Toutefois, les CàP ainsi produits représentent une borne inférieure du « *coût social vrai* » (Bartik et Smith, 1987). Et, leur complémentarité doit être envisagée, en se centrant sur les nuisances et ressentis de gêne (Faburel, 2001 ; Morello-Frosch, Pastor et Sadd, 2001 ; Feitelson, 2002) voire en recourant à d'autres dispositifs plus qualitatifs de mesure, tels que des questionnaires sur le bien-être (Van Praag et Baarsma, 2005), des réunions avec des riverains (Faburel, 2002b)...

En conformité alors avec les recommandations (cf. Bjørner, 2004), un nouveau couplage est à ce jour conseillé en la matière par la littérature : CàP déclaré / an tiré de la MEC, et ce par niveaux de gêne, en particulier par les personnes beaucoup gênées - *Highly Annoyed* (Miedema et Oudshoorn, 2001).

Concernant le bruit des avions, les enquêtes (Salvi, *op. cit.* à Zurich ; Van Praag et Baarsma, 2000 et 2005 à Amsterdam Schiphol ; Faburel, 2001 et 2002a à Orly) livrent des analyses spatiales empiriques et apportent une justification formelle à l'intérêt opérationnel de ces indicateurs, en vue notamment d'identifier avec précision les populations, qui loin de bénéficier de la présence aéroportuaires (emplois, offre de transport...), peuvent aussi et surtout en subir monétairement principalement les dommages.

Par exemple, en vu d'évaluer le coût social du bruit des avions à Orly, la Méthode d'Evaluation Contingente (MEC) a été appliquée (Faburel, 2001 et 2002a). Elle repose sur une enquête par questionnaires. Cette enquête a été menée auprès de 607 personnes, avec mesure de leur niveau de gêne due au bruit des avions, puis l'influence de ce vécu sur les consentements à payer déclarés (CàP), indice de mesure du coût social.

Le questionnaire alors bâti était composé de plus de 80 questions, alternant questions ouvertes et fermées, portant tant sur des perceptions, représentations et pratiques, abordant des dimensions socioprofessionnelles, financières, résidentielles ou encore politiques, structurées par 26 variables. Deux phases de traitements statistiques ont été accomplies : la première porte sur la gêne sonore et les facteurs qui l'expliquent (cf. Partie 1), la seconde concerne les consentements à payer et les variables qui les déterminent.

Le taux de consentements à payer positifs est de 51 %, chiffre voisin ou supérieur aux résultats d'études précédentes. En termes explicatifs, le niveau de gêne des riverains d'Orly figure au tout premier rang des préférences monétaires ainsi déclarées, avant même le revenu et les niveaux sonores (auquel la gêne sonore déclarée est une nouvelle fois très peu corrélée, Partie 1). Le consentement à payer pour supprimer la gêne augmente avec le niveau de désagrément des répondants et la plupart des personnes non gênées ont un CàP d'un montant nul. Ce résultat explicatif a depuis lors été confirmé par Bjørner (2004).

Enfin et surtout, les montants de CàP pour une suppression de la gêne sont en moyenne de 6,5 € par mois pour une personne se déclarant au minimum beaucoup gênée (*Highly Annoyed*) - niveau d'intensité de gêne supérieur à 8, sur l'échelle numérique de 0 à 10 - soit 0,4 % du revenu moyen déclaré lors de l'enquête. Ceci correspond à un CàP moyen de 197 € par ménage et par an, résultat convergent avec les quelques applications précédentes de la méthode d'évaluation contingente au bruit des avions.

La méthode et ces résultats ont depuis lors été confirmés par deux autres évaluations contingentes, appliquées aux bruits routiers et ferroviaires dans le Val-de-Marne. Par exemple, les consentements à payer annuels pour une suppression de la gêne due au bruit routier se montaient en 2001 à 109,5 € pour une gêne moyenne, sur l'ensemble de la

distribution, et à 187,5 € pour toute personne se déclarant au minimum « beaucoup gênée » par le bruit routier (Faburel, Maleyre et Peixoto, 2005).

En outre, toujours dans ce registre des coûts sociaux, mais bien plus modestement compte tenu d'incertitudes scientifiques persistantes (WHO / UNECE-PEP, 2003, p. 49), mentionnons l'existence aussi d'indices en devenir dans le domaine de la santé, et au premier chef :

- du coût des dépenses de santé (consommation de médicaments, consultations...) pour la question du bruit ;
- et la valeur de l'année de vie (VAV), qui a dans certains cas été introduite comme clef et indicateur de mesure du coût des effets de la pollution atmosphérique liés aux transports terrestres sur la santé,
- indicateur notamment adossé (travaux du GREQAM) à l'Indice Pollution Population (IPP) proposé en 2005 conjointement par les ministères des Transports, de la Santé et de l'Ecologie dans le cadre d'un guide méthodologique relatif au volet « air » des études d'impacts des infrastructures routières.

Concernant ce cas de la pollution atmosphérique, remarquons qu'il en résulte une revalorisation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans le cadre des évaluations coûts-avantages réalisées dans le cadre des grands projets d'équipement de transport : pouvant passer de 0,4 % à 10 % du coût. Et, d'ores et déjà, des études de faisabilité intègrent, recourant notamment à certains de ces indicateurs, des estimations des effets sanitaires pour des projets d'équipement des aéroports, par exemple à Francfort (Schmid, Preiss, 2003).

Donc, différents pays européens monétarisent déjà les effets sanitaires des polluants liés aux flux de transport (Seethaler *et al.*, 2003), sur la base notamment de ces indicateurs, comme les travaux du GREQAM le montrent pour la France (*supra*). Ils produisent pour cela des connaissances relatives aux pertes de production dues à la maladie et à la mortalité supplémentaire, aux CàP individuels pour éviter la maladie ou réduire les risques de décès, ou encore au CàP collectif découlant de la consommation de médicaments (ex : France).

Dès lors, même si les analyses coûts-avantages prennent encore souvent appui sur des transferts de données depuis d'autres contextes, malgré les recommandations internationales de plus en plus appuyées pour recourir à l'évaluation des coûts *in situ* (*supra*), la *Health Impact Assessment* et la *Risk Analysis* (notamment l'Analyse Comparative de Risque reconnue légalement aux Etats-Unis : *Executive Order on Environmental Justice* de 1994) révisent beaucoup les Etudes officielles d'Impacts sur l'Environnement. Elles offrent des avantages considérables en vue de mieux intégrer, par le truchement des indicateurs décrits, les effets des transports, et singulièrement des trafics aériens, sur la santé, à l'occasion des évaluations préalables de projet. Tout ceci en levant les hypothèques de la mono-disciplinarité évoquées plus haut (Partie 1).

C'est ce que recommandent aussi les discours émanant de l'épidémiologie mais aussi ceux provenant de l'analyse de risque dans ses relations à la décision publique. "*HIA provides a structured framework to map the full range of health consequences of any proposal, whether these are negative or positive. It helps clarify the expected health implications of a given action, and of any alternatives being considered, for the population groups affected by the proposal. It allows health to be considered early in the process of policy development and so helps ensure that health impacts are not overlooked.*" (WHO, 2003, p. 6).

Ces évaluations prospectives, tournées vers le risque sanitaire et plus largement environnemental, renversent les relations disciplinaires traditionnelles (cf. travaux de Paul Slovic aux Etats-Unis), en examinant, de manière extensive, tous les impacts potentiels d'un projet. Les ambitions de ces outils intersectoriels d'évaluation de projet visent :

- à améliorer la reconnaissance des déterminants sociaux de la santé autant dans la sphère publique que privée,
- à engager les acteurs provenant de divers horizons (professionnels de la santé, élus, techniciens et populations affectées) dans des discussions structurées sur les implications sanitaires des activités,
- à faire prendre conscience aux décideurs et aménageurs de la nécessité de la transparence et de prise de responsabilité...
- à encourager un travail interdisciplinaire.

Elles permettent alors aussi, comme la *Participatory Appraisal* mise en œuvre sur les questions sonores (*supra*), d'intégrer en amont de la réflexion des habitants, car l'HIA, la RA et l'ACR doivent faire l'objet de consultations étendues. Au Canada, par exemple, des méthodes ont été testées pour que les citoyens participent de sa construction : *People Assessing their health* (PATH) (Mittelmark, 2001).

Proposition de critères et indicateurs pour l'allocation de compensations

Ces connaissances et indicateurs monétaires d'impacts environnementaux et sanitaires, une fois rapprochés de celles et ceux centrés sur les emplois par exemple (*supra*), incitent la recherche à proposer la mise en œuvre de compensations individuelles et surtout de plus en plus territoriales (à l'adresse de collectivités territoriales) pour réguler les déséquilibres socio-spatiaux entre dommages et bénéfices. Il est vrai que :

- comme dit dans la 1^{ère} Partie, le vécu sonore puise peut-être autant dans des dimensions collectives propres aux sociétés locales et territoires de résidence (satisfaction locale, attachement territorial, modes de vie, régulation politique...) que dans des facteurs strictement individuels (économiques, démographiques...);
- que, comme décrit plus haut, la seule lecture acoustique des phénomènes en cause n'épuise pas le sujet des effets, donc que la seule réponse technique individualisée ne constitue pas la réponse unique et adéquate (ex : insonorisation) ;
- enfin, comme Baumol et Oates l'on déjà montré d'assez longue date (1988), le dédommagement individuel pour préjudice subi peut en théorie conduire à une déresponsabilisation des agents pollueurs, donc une pérennisation des dégradations environnementales existantes, et à un risque d'augmentation du nombre de victimes potentielles, attirées par la perspective d'une compensation financière.

"Today, many airports offer various compensation schemes to help overcome community opposition. The most widely scheme is noise insulation. A few airports, mostly in the US, also offer compensation for reduction in property values or pay for home owner's relocation costs. (...) it is clear that most such programs do not fully compensate for various forms of increase in exposure to airport noise and particularly for residents who remain in situ" (Feitelson, 1996).

C'est ici que la problématique des inégalités environnementales (ci-dessus) se mue en injustices environnementales et que l'économie rejoint la géographie ou encore la psychosociologie dans les savoirs et savoir-faire mobilisés. Précisons aussi que les conditions

méthodologiques de cette jonction sont réunies. Par exemple, la méthode des prix hédoniques (MPH) permet certes d'évaluer le *Noise Depreciation Index* ou encore d'approcher le CàP révélé... donc de renseigner d'une certaine manière l'état monétaire des dommages, mais aussi d'observer l'effet sur les prix des logements des attributs positifs de la proximité de l'aéroport, telle que la densité de l'offre de services publics et d'emplois.

Sur ce sujet des redistributions et transferts économiques en situation de dégradation environnementale, la littérature scientifique s'est notamment d'assez longue date ouverte aux clefs de répartition, dans une perspective d'équité, redistributive, sociale et environnementale. Puisqu'il est *a priori* impossible d'envisager octroyer des dédommagements à toutes les personnes s'estimant gênées par le bruit des avions, c'est-à-dire bien plus que celles qui habitent les périmètres de bruit actuellement en vigueur (Partie 1, Chapitre 2), se posent des questions délicates : Comment arbitrer ? Quelle clef de répartition appliquer pour garantir une certaine équité ?

Young (1994) propose, s'inspirant en cela des travaux de A. Sen (Prix Nobel d'économie), d'appliquer à la compensation individuelle, un principe de proportionnalité qui tient compte : des dommages infligés par les effets environnementaux négatifs de l'équipement sujet à conflit ; et des représentations individuelles du risque environnemental. Et, dans la tradition formaliste de l'économie, il a élaboré des modèles redistributifs en cherchant l'optimalité allocative.

Dans cette quête de critères de redistribution, remarquons alors que la justice suisse a, rarement mais néanmoins effectivement, pris appui, de manière tout à fait opérationnelle, sur l'ancienneté d'habitation pour évaluer la légitimité des recours contentieux, notamment autour des aéroports. Ce critère d'ancienneté résidentielle pourrait alors s'affirmer comme une clef allocative de compensations.

Il est vrai que, concernant les pourtours aéroportuaires densément peuplés, son influence sur la gêne ressentie (Partie 1, Chapitre 2) ainsi que sur les CàP déclarés (*supra*) par les populations pour en réduire les impacts a déjà été montrée, par exemple autour d'Orly. La date d'emménagement pourrait alors, comme indicateur, exprimer ce critère (Faburel, 2002a). De même, Gillen et Levesque ont dès 1994 montré que le sentiment de propriété environnementale, fortement lié à l'ancienneté résidentielle, participait grandement de l'émission de plaintes auprès de l'opérateur du Pearson International Airport de Toronto. Enfin, cette dimension résidentielle traverse certaines réglementations en vigueur (ex : antériorité et Plan d'Exposition au Bruit).

Enfin, dans cette veine, Van Praag et Baarsma (2005) ont cherché à évaluer le coût social du bruit autour d'Amsterdam Schiphol à partir d'une mesure empirique des CàP. Ils ont opéré un couplage méthodologique entre la méthode des prix hédoniques - MPH et un procédé plus qualitatif, déclaratif, ouvert à la gêne et au bien être environnemental (*supra*). Grâce aux traitements statistiques opérés et aux corrélations identifiées, les auteurs disposent de clefs de définition et de modulation des montants monétaires. De l'usage de ces clefs découle une proposition de montants de compensations complémentaires à la proposition de couverture des dépréciations déjà mesurées (MPH) : selon la localisation des habitations, mais aussi selon certaines caractéristiques du logement (ex : isolation phonique ou non) et surtout individuelles. Au rang de ces dernières, nous trouvons au premier chef l'ancienneté résidentielle, dont Van Praag et Baarsma justifient l'utilisation par le principe de justice environnementale.

Il en résulte la corrélation et alors le complément compensatoire suivant : si K_u (indicateur d'exposition sonore, avant le L_{den}) augmente de $X\%$, le revenu doit augmenter de $Y\%$ pour conserver le même bien-être.

Enfin, dans une perspective toujours opérationnelle mais cette fois-ci de création ou d'abondement des fonds de compensation, ces montants ont été rapportés au nombre de vols commerciaux ou au nombre de passagers, dans la perspective de modulations tarifaires. En prenant pour seuil 20 Ku, la compensation par vol correspondrait à un montant de 253,45 Euros et la compensation payée par chaque passager serait de 2,3 Euros. Pour comparaison, voici d'autres chiffrages, concernant Orly.

A la suite l'application de la méthode d'évaluation contingente à Orly (Faburel, 2001 et 2002a), confirmée depuis lors par l'application de la méthode des prix hédoniques aux valeurs immobilières dans le même contexte socio-spatial en 2004 (Faburel et Maleyre, 2007), les montants de CàP produits permettent d'estimer qu'une augmentation de 40 centimes d'Euros par billet permettrait de couvrir ce coût social de la gêne à Orly. Mais d'autres effets ne seraient alors pas couverts, notamment les décotes immobilières (cf. méthode proposée par Van Praag et Baarsma, *supra*). Une fois ces autres coûts ajoutés à partir des clefs identifiées par les différents travaux mentionnés plus haut, 1 euro de plus par billet permettrait de couvrir annuellement et globalement le coût des dommages autour d'Orly, soit 0,8 % du prix moyen des billets sur cet aéroport (2004)

Précisons enfin que d'autres facteurs explicatifs des CàP ont aussi évidemment été identifiés par la recherche. Outre les variables en lien avec le vécu environnemental (ex : le rôle de la gêne sonore), nous trouvons assez logiquement dans nombre de résultats d'évaluation des facteurs socio-économiques : les catégories socio-professionnelles (Stallen, Chierandjoe, 2005), le revenu du foyer - plus élevé, la taille du ménage ou encore le statut d'occupation du logement - propriétaire (Bjørner, 2004). Mais, l'application de ces variables comme indicateur pour l'allocation optimale de dédommagements individuels interpelle l'objectif de justice environnementale vers laquelle l'économie de l'environnement et les débats aéroportuaires s'ouvrent à ce jour (Feitelson, 2002).

Ainsi, face aux limites des indicateurs officiels d'impacts et de leur suivi, la recherche (et plus marginalement l'étude), particulièrement en sciences humaines et sociales, propose d'assez longue date parfois des compléments indiciaires, quantitatifs ou plus qualitatifs, et ce faisant émet des recommandations de plus en plus appuyées pour leur mise en œuvre empirique (indicateurs de suivi sanitaire, enquêtes sur le bien-être, bases de données tournées vers les inégalités et injustices environnementales, adaptation des systèmes d'informations géographiques...).

Or, comme déjà indiqué à plusieurs reprises, ces indicateurs, comme interfaces entre évaluation et décision, s'ouvrent et interpellent donc directement la prise de décision. Le cas du coût des dommages, ou encore de la compensation, évoqués juste ci-dessus en témoignent. Ils incarnent la double appartenance des indicateurs : scientifique et politique. Pour dernier exemple, nous relayons ici le fruit d'un travail de préconisation que nous avons faite récemment à un Département d'Ile-de-France concernant l'un des aéroports qu'elle a à considérer sur son territoire très urbanisé.

Ce fruit constitue un tableau de bord intégré d'indicateurs de développement durable :

- considérant non seulement l'ensemble des recommandations scientifiques relayées jusqu'ici, en les mettant à l'épreuve du contexte aéroportuaire concerné ;
- stipulant la nécessité d'intégrer ce système d'indicateurs, donc de penser les liens, productivités, mais aussi limites, évaluatives et décisionnelles à sa mise en œuvre globale ;

- et donc, puisque cheminant vers une mise en action globale, précisant les acteurs à impliquer, les modes de collecte et de communication à privilégier...

Domaine	Thème	Indicateurs	Acteurs	Communication et collecte
ENVIRONNEMENT	Trafics	- Nombre moyen de mouvements (jour, semaine, mois, année) - Fréquence de survol (répétitivité dans le temps à brève échéance)	DGAC	Cartes de répits Cartes de survol
		- Dérogations au départ - Infractions aux réglementations	ACNUSA	Liste des compagnies aériennes concernées
		Composition de la flotte (selon gabarit et génération)	ADP	Tableaux
	Bruit	Lden	ADP	Courbes d'environnement sonore
		- Lmax - Number Above	ADP + ACNUSA	Cartes d'émergence (PGS et au-delà)
Air	- CO2 - Oxydes d'azote (Nox)	AIRPARIF	Diagrammes d'émissions de CO2 et cartes de concentration en Nox	
ECONOMIQUE	Emplois	- Nombre et types d'entreprises - Emplois directs, indirects et induits	ACI + ADP + CCI + EPA	Enquêtes => Tableaux + Cartes
	Immobilier et résidentiel	- Valeurs immobilières (variation des prix moyens au m2) - Coût de la construction à l'échelle de l'îlot	Chambre des Notaires, Direction des Impôts et IAURIF	Cartes par indice
	Accessibilité	Matrices origine destination	STIF, opérateurs, DDE et CG	Cartes de flux
SOCIAL	Insonorisation	- Nombre d'ayant droit - Nombre annuel d'insonorisations - Coût unitaire moyen de réalisation	ADP	Tableaux et graphiques d'évolution
	Santé	- Consommation de médicaments - Puis lancement d'études épidémiologiques (en observant les populations sensibles)	IVS + CG	Enquêtes => Tableaux
	Décotes immobilières	Indice de dépréciation pour cause de bruit (NDI)	Chambre des Notaires + ADP + IAURIF + CG	Enquêtes => Tableaux
TRANSVERSAL	Bien-être et gêne	Croisement de : - Données environnementales (ci-dessus) - Bien-être et Gêne (personnes gênées / fortement gênées)	MEEDAAT + CAUE	Enquêtes => Baromètre de bien-être (et satisfaction) + courbes de gênes
	Inégalités environnementales	Croisement de : - Données socio-économiques (CSP, revenus, types d'habitation...) - Données environnementales - Bien-être (ci-dessus)	INSEE + IAURIF + CG	Cartes

Source : CRETEIL – Université Paris XII, 2008

Toutefois, d'autres mesures, peut-être moins attachées à ce questionnement sur les indicateurs pertinents pour l'aide à la décision (questionnement devenu central dans nombre d'aéroports, en France comme à l'étranger), ont aussi émergé comme recommandations

dans les discours scientifiques. Celles-ci sont de portée encore plus générale, donc enchâssant encore plus les enjeux sanitaires dans les enjeux environnementaux et territoriaux propres aux trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires, pour organiser la pensée autour des grandes catégories d'action et d'instruments de régulation listés dans la Chapitre 5 de cette 2^{ème} partie. Nous achevons ici ce travail par l'exposé descriptif de ces recommandations certes plus génériques, mais toutes reliées de près ou de loin à la problématique des effets et dommages, particulièrement sur la santé des populations vivant dans les pourtours aéroportuaires.

7. En guise de conclusion : les actions à développer pour lutter contre les effets environnementaux et sanitaires des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires

Une évaluation des effets devant plus se tourner vers l'exposition des populations et leurs contextes territoriaux, et alors s'ouvrir à l'interdisciplinarité

Comme vu dans la première partie de ce rapport, le bruit des avions focalise le plus l'attention scientifique, comparativement par exemple à la pollution atmosphérique (environ 90 % des productions recensées). C'est d'ailleurs sur le thème sonore que la question des effets a peut-être le plus progressé, ces 20 dernières années. Toutefois, un parallèle est à faire entre les deux objets thématiques traités à ce jour par la recherche, particulièrement lorsqu'il s'agit d'en apprécier les impacts sanitaires : la très grande majorité des productions scientifiques et documents officiels ont d'abord développé un angle de lecture exclusivement centré sur les émissions, leur mesure, leur évolution...

Il faut certes y voir la nature physique ou chimique même des objets bruit et pollution atmosphérique, mais aussi l'origine socio-culturelle des principaux commanditaires et réalisateurs de ces recherches. Sur la question du bruit par exemple, les travaux néerlandais comme américains ont été un temps incontournables, développant historiquement une posture assez normative. Ces travaux répondaient ainsi à des référentiels et actions historiques du champ de l'aérien et de l'aéroportuaire (normes techniques, servitudes acoustiques...).

Mais, face à la demande sociale croissante en la matière, de plus en plus de publications ont commencé à embrasser la question des effets. Il s'est d'abord agi, historiquement, de développer une posture, encore dominante, dite *top-down* et finalisée, mise en œuvre sur la base de démarches très souvent quantitatives. Cette recherche vise surtout à ce jour à mettre les relations théoriques doses (ex : sonores) – effets (ex : sur la santé) à l'épreuve de travaux de terrains. C'est le cas des grands programmes RANCH et HYENA relayés, qu'il conviendrait de mettre en œuvre aussi sur des cas français. Cette recherche peut alors aussi chercher par là-même à proposer des changements aux normes et indicateurs nationaux et internationaux en vigueur, qui quant à eux demeurent majoritairement centrés sur les doses (i.e. émissions), malgré les quelques initiatives relayées dans le Chapitre 6 de la 2^{ème} partie. C'est donc d'abord sous cet angle que la question générale des indicateurs d'environnement dans le champ de l'aérien, par exemple, est devenue une question scientifique : mettre à l'épreuve.

Très récemment, les limites introduites par cette seule lecture dose-réponse dans l'objectivisation des effets environnementaux et sanitaires a conduit la recherche à préconiser des démarches d'évaluations aussi plus qualitatives, et, ce faisant, surtout plus interdisciplinaires. C'est aussi ce que relayent les états de l'art scientifiques livrés dans la 1^{ère} partie de ce rapport, particulièrement dans leurs conclusions. Le spectre des disciplines concernées est alors ample pour traiter l'ensemble du problème notamment sur ces questions liées à la santé : des physiciens, des chimistes, des économistes, des médecins, mais aussi des sociologues, des psychologues... Puisqu'il s'agit de travailler sur les concentrations, il convient d'intégrer ces champs disciplinaires multiples, de proposer des nouveaux outils de lecture des enjeux sanitaires, mais aussi des méthodes originales. L'un des apports les plus importants est de se saisir plus largement de la problématique des effets, en vue de rendre compte de la situation spécifique de chaque contexte.

Dès lors, à ce jour, dans le registre des effets environnementaux et sanitaires des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires, il existe une asymétrie grandissante entre l'état des questionnements voire les quelques démonstrations scientifiques (effets du bruit sur le sommeil, sur la santé des enfants, de gêne sonore...) et la réalité des indicateurs opérationnels qui charpentent les politiques aériennes et aéroportuaires, notamment lorsque l'on cherche à livrer une réalité plus large des effets.

Les scientifiques cherchent de plus en plus à travailler à partir de données d'exposition, de concentration... parfois remises en contexte, alors que les autorités réfléchissent encore souvent seulement en termes d'émissions. Si les deux sont complémentaires à la révélation donc à la compréhension des effets sur la santé, ainsi qu'au suivi des politiques mises en œuvre (évaluation), les concentrations permettent surtout d'orienter l'analyse vers des explications bien plus multifactorielles, donc susceptibles d'ouvrir à d'autres registres d'interventions, d'autres types d'action...

Il en va de la pertinence des diagnostics environnementaux et sanitaires, donc de la reconnaissance des enjeux et orientations stratégiques, et ainsi de l'efficacité des dispositifs de surveillance, et de l'applicabilité des solutions possibles, à des échelles multiples d'intervention et en présence d'acteurs concernés de plus en plus nombreux. Cette interdisciplinarité est une condition nécessaire, mais insuffisante, pour se saisir véritablement et de manière opérationnelle des impacts sanitaires dus aux trafics aériens et aux fonctionnements aéroportuaires.

Les effets à mesurer, particulièrement autour des aéroports français : encore beaucoup d'évaluation à mener

Or, certaines opportunités sont données par de récentes inflexions réglementaires. C'est le cas par exemple de la Directive européenne de juin 2002 sur le bruit dans l'environnement, qui implique particulièrement les collectivités territoriales pour, à très court terme, la réalisation de diagnostics et cartographies sonores non exclusivement quantitatifs, et surtout pour la conception de nouveaux plans d'action, notamment autour des aéroports. Nul doute que cette territorialisation amènera à considérer à terme aussi expositions, concentrations, milieux de vie... donc les territoires dans lesquels elles s'ingèrent.

En outre, une tendance lente et commune que nous avons relayée consiste à compléter les indicateurs officiels, souvent produits dérivés de normes internationales et/ou nationales à surveiller, par des indications sur les effets plus ouvertes aux multiples et parfois sinueux, environnementaux et territoriaux, des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires. Il s'agit alors de penser des actions en matière d'environnement, de transports, d'urbanisme, d'aménagement... mieux insérées territorialement et localement.

En fait, comme les cas de Vienne et d'Orly tendent à le montrer, plusieurs thèmes d'effets font une entrée remarquable dans les tentatives de suivi de la performance environnementale des aéroports : évolution des tissus urbains (ex : choix résidentiels des ménages et d'implantation d'entreprises), tendances démographiques, valeurs immobilières, santé publique, gêne sonore... Remarquons la présence croissante des effets socio-spatiaux dans les échanges entre acteurs. Elle découle pour beaucoup de l'entrée des pouvoirs publics locaux dans les arènes de débat, entrée qui provient elle-même en partie d'une problématique émergente : l'extension spatiale de l'emprise des débats aéroportuaires (riveraineté plus éloignée), et les questions qu'elle adresse tant aux acteurs historiques du champ (compagnies aériennes, gestionnaires aéroportuaires et autorités nationales de tutelle) qu'aux « nouveaux » acteurs des débats (ex : collectivités territoriales).

Nous pourrions décliner ces exemples d'ouverture thématique à d'autres cas, tels que des études et recherches sur les effets sanitaires du bruit à Amsterdam Schiphol (cf. travaux de D. Houthuijs), l'exploration de la gêne et de la satisfaction territoriale autour de Francfort Rhin-Main (Schreckenber et Meis, 2006), l'analyse des plaintes des riverains de l'aéroport de Manchester (cf. travaux de K. I. Hume) ou encore une réflexion sur les injustices environnementales autour de Los Angeles International Airport.

Il semble donc que non seulement on ne puisse plus faire l'impasse sur une analyse fine des multiples effets environnementaux et territoriaux des aéroports sur les espaces et sociétés environnants, mais aussi que les démarches physicalistes et chimiques s'ouvrent à des approches socio-urbaines et donc territorialisées (de l'environnement, de l'habitat, des transports...). Il est vrai que le mot d'ordre que constitue aujourd'hui le développement durable invite à trouver compromis et conciliations entre des parties prenantes de plus en plus nombreuses, donc entre des intérêts de plus en plus divers, loin d'être toujours convergents. Eclairer les effets multiples, positifs comme négatifs, c'est donner des possibilités d'actions négociées, dans le cadre de gouvernance en construction.

Toutefois, à ce jour, de telles initiatives butent souvent sur le manque de données empiriques. Les processus d'élaboration de systèmes d'indicateurs en sont à chercher à produire de telles informations. Nous assistons à une multiplication des études et recherches autour de plusieurs aéroports, depuis moins de 10 ans. Mais, que doit-on mesurer précisément ? Quels effets peuvent être observés de manière complémentaire pour aider à la conception pertinente de plans d'action autour des aéroports ?

Comme relaté lors des chapitres dédiés, plusieurs sujets d'évaluation apparaissent saillants dans les débats aéroportuaires, sujets qui renvoient pour certains à des effets déjà démontrés à certains endroits :

- effets du bruit sur le sommeil, et sur la scolarité des enfants,
- gêne sonore, facteurs environnementaux des contextes résidentiels et satisfaction territoriale,
- recherche de traceurs de la pollution atmosphérique induite par les trafics aériens (en vue d'amorcer des travaux épidémiologiques et toxicologiques),
- situations d'inégalités et d'injustices environnementales, notamment ouvertes au vécu des populations,
- valorisations et décotes immobilières,
- coûts des dommages sanitaires, de gêne, des décotes, des effets ségrégatifs...

Même si des indicateurs peuvent d'ores et déjà être proposés par la communauté scientifique (Partie 2, Chapitre 6), leur mise en réflexion et peut-être en application souffre encore beaucoup du manque de données empiriques concernant les cas sur lesquels ils pourraient s'appliquer.

A l'écoute des demandes sociales et territoriales (s'exprimant lors des procédures officielles d'enquête publique, des tentatives d'élaboration de chartes de développement durable...) et à la lecture des travaux scientifiques, études et expertises à ce jour disponibles, la France est particulièrement en retard sur certains de ces thèmes d'évaluation, singulièrement :

- sur la démonstration empirique des effets physiques et physiologiques du bruit sur le sommeil et sur la santé et la scolarité des enfants,

- ainsi que sur les inégalités environnementales, les phénomènes ségrégatifs et polarisations sociales susceptibles d'être créés dans certains pourtours immédiats d'aéroports franciliens,
- et le coût des dommages multiples imposés aux populations, en dehors de toute compensation, indemnisation...

Concernant la gêne, des recherches ont d'ores et déjà été réalisées (Parie 1, Chapitre 2), mais encore trop peu ouvertes aux autres facteurs environnementaux des contextes territoriaux et résidentiels. Ici, les sciences humaines et sociales proposent des concepts, méthodes et catégories d'analyse arrivés à maturité. De même, quelques travaux ont été conduits sur les décotes immobilières, ou encore sur les effets des contraintes d'urbanisme sur l'évolution des espaces locaux, ainsi que sur le coût social de la gêne, mais soit de manière trop particulariste (quelques communes), soit sur des périmètres trop amples pour assurer une quelconque démonstration.

Il conviendrait donc de lancer des travaux représentatifs sur ces différents thèmes d'effets. Concernant les effets sur la santé, l'étude SURVOL engagée il y a peu en Ile-de-France viendra sans doute combler quelques-unes des lacunes dans le domaine de la santé environnementale autour des grands aéroports franciliens.

Il est vrai que ces sujets sont aussi considérés comme saillants par la portée socio-politique de leur évaluation. Par exemple, Bröer (2006) indique que des perspectives d'évolution des blocages existants entre acteurs sont envisageables, à condition d'intégrer certaines connaissances récentes relatives aux origines de la gêne due au bruit. Une des premières conditions est pour lui de redéfinir la gêne en fonction de l'expérience des citoyens (*"the experience of citizens has to be the major part of the annoyance definition because annoyance is what people experience as such"* (p. 4)). Ceci implique d'accorder moins d'importance aux relations dose-réponse, en abordant davantage le bruit comme il est vécu par les populations. La régulation des conflits pourrait alors passer par une démocratisation du processus de définition des problèmes.

Des démarches plus participatives pour la construction et la démultiplication d'actions plus territorialisées

Une fois relayées les recommandations scientifiques concernant l'évaluation, remarquons que la recherche se prononce, mais bien plus modestement que les bureaux d'études et les experts officiels, sur les actions pouvant découler de telles productions évaluatives. Même si ce n'est pas le rôle premier des scientifiques, en tout cas ceux des disciplines représentées sur de tels phénomènes d'impacts, nombre s'ouvrent de plus en plus à de tels exercices de recommandations.

Nous concernant, nous considérons que de telles interventions et arbitrages décisionnels ne sont que le fruit de rapports entre acteurs, pour partie seulement éclairés par les produits de recherche. Bien d'autres ressources légitimantes existent, et les contextes socioculturels dans lesquels ces arbitrages doivent se construire apposent grandement leur empreinte. Aussi, nous limiterons-nous à relayer de manière descriptive les principales mesures préconisées, pour rapidement remonter en généralité sur trois tendances qui nous semble devoir être à ce jour entretenues, voire accélérées concernant les systèmes d'acteurs et d'actions relatifs aux trafics aériens et objets aéroportuaires.

Concernant les mesures concrètes, remarquons que c'est dans les cas aéroportuaires dans lesquels des évaluations ont très récemment été produites sur certains des effets décrits dans

ce rapport, que non seulement le thème des indicateurs progresse peut-être le plus vite à ce jour, mais surtout que certaines actions remarquables ont vu le jour. Par facilité de lecture et de compréhension, nous reprenons la typologie des instruments utilisée dans le Chapitre 5.

Au titre de l'instrumentation technique et normative, nous assistons et/ou il est grandement préconiser de développer encore plus l'*Air Transport Management* pour revoir certaines trajectoires, généraliser la décente continue (qui néanmoins ne diminue pas les effets des survols dans les endroits plus éloignés de la plate-forme...), voire envisager le plafonnement de créneaux, et même des couvre-feux partiels (à certaines heures, pour certaines pistes... tel à Francfort Rhin-Main) ou totaux (tel à Londres Heathrow).

Si l'offre aéroportuaire régionale joue un rôle essentiel dans le cas de Londres (Gatwick, Stansted...), le cas de Francfort relaye bien l'idée selon laquelle ce type d'actions peut être négocié entre les acteurs du champ. Nous reviendrons sous peu sur cette question des arènes délibératives. Toutefois, indiquons qu'un problème demeure soulevé par la communauté scientifique : la définition horaire de la nuit, qui peut grandement varier d'un cas à l'autre.

Concernant l'instrumentation économique cette fois-ci, le cas d'Amsterdam Schiphol renseigne bien sur les liens étroits entre démonstration de coûts sociaux des dommages (par exemple, travaux de Van Praag et Baarsma, de Morrell et Lu) et la récente et substantielle augmentation de la taxe bruit dans cet aéroport. Comme montré précédemment (Partie 2, Chapitre 6), ce cas avait été, avec celui de Londres Heathrow et d'Orly, le cas dans lequel des recherches empiriques avaient pu montrer de fort écarts entre le niveau de la taxe bruit (faible), et ce qu'elle rapportait dans les années 2000, et les coûts sociaux induits pour les communautés riveraines. Concernant Amsterdam, cette augmentation est à relier avec le récent programme de rachat de logements par les autorités gouvernementales.

Pour ce qui concerne maintenant l'instrumentation urbanistique, outre le rachat de logements évoqué ci-dessus, type d'intervention importée des Etats-Unis, et dont les effets devront être évalués à brève échéance, remarquons la recommandation appuyée, particulièrement dans le monde germanophone, pour la compensation territoriale et écologique (Genève Cointrin, nouvel aéroport de Berlin...), et le développement assez considérable des moyens financiers pour l'aide à l'insonorisation des logements (ex : Chicago O'Hare).

Enfin, toutes ces mesures qui font l'objet d'une entente minimale dans les domaines scientifiques, s'accompagnent aussi de recommandations fortes en matière :

- non seulement de communication, sur la base d'un déploiement éloquent des outils et vecteurs de diffusion de l'information et, surtout, du développement rapide, particulièrement aux Etats-Unis, des systèmes de mesure et surveillance des charges sonores (ex : Minneapolis St-Paul) et de la qualité de l'air (ex : Londres Heathrow) ;
- et surtout de concertation et de construction délibérative de ces différents types d'action, avec ici d'autres recommandations fortes relatives au fonctionnement même de ces dispositifs (régularité des échanges, pérennité des structures, allocation des moyens aux acteurs non-institutionnels), avec comme exemples à suivre le Regional Dialogforum de Francfort Rhin-Main, ou le Community Agreement signé à Los Angeles entre les parties prenantes.

Ces recommandations sectorielles et/ou thématiques renvoient à trois justifications plus larges, qui s'inscrivent dans des tendances lourdes des modes d'actions dans les aires aéroportuaires à travers le monde : coordination des politiques publiques et actions du domaine marchand ; territorialisation de l'action ; reconnaissance d'un principe de citoyenneté.

Il s'agit en premier lieu de la quête d'une plus grande cohérence et donc coordination des politiques publiques. L'empilement des dispositifs et des textes de loi, la multiplication des acteurs concernés (publics, privés, institutionnels et non-institutionnels, formels et informels) ... appellent à mise en coordination, d'abord des politiques sectorielles des administrations nationales (Ecologie et Développement Durable, Transports, Equipement et Logement, Santé...), donc sous l'égide d'autorités centrales qui de plus développent un rôle de stratège. Nul doute que la création du grand ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, aidera à cette mise en cohérence sur le long terme.

Mais, au-delà des services de l'État, centraux ou déconcentrés, un grand nombre d'autres acteurs occupent un rôle majeur dans l'élaboration et la mise en œuvre de politiques qui façonnent le cadre de vie des pourtours aéroportuaires. Ici, les collectivités territoriales doivent s'impliquer plus, indéniablement. Du fait de la territorialisation de l'action, engagée par certaines avancées réglementaires (d'échelle nationale et européenne), elles sont dorénavant des partenaires essentiels de l'État pour la maîtrise de la qualité environnementale des lieux.

Leur rôle doit s'affirmer, particulièrement dans la problématique environnementaux, sanitaires et territoriaux des trafics aériens et fonctionnements aéroportuaires. Encore plus que par le passé, l'évaluation et la prévention de tels effets relève des nouvelles politiques publiques contractuelles ou partenariales, desquelles les collectivités locales sont parties prenante. Il en va de la gouvernance que tous les acteurs appellent de leurs vœux. A cet égard, le développement de l'intercommunalité peut faciliter la concertation et la mise en œuvre de solutions efficaces. De même, les observatoires thématiques ou inter-thématiques, localisés ou régionaux... devraient permettre de mettre cette problématique des effets au cœur des débats.

Il convient alors par exemple, en plus de politiques cohérentes européenne et nationale, d'engager une réflexion stratégique à l'échelle régionale sur le long terme pour la prospection et l'identification de nouvelles actions. Si la mise en œuvre des réflexions et directives européennes doit servir de levier, la mise en application des mesures suppose aussi une meilleure connaissance au niveau local. C'est un enjeu à la fois régional, interrégional, et national.

Enfin, le principe de citoyenneté doit continuer de s'affirmer, avec peut-être plus d'efficacité que la seule consultation, pour cheminer vers de véritables concertations. Ceci repose d'une part sur un droit à l'information, spécifié dans nombre de textes de loi. Ce droit doit être particulièrement respecté sur les lieux d'habitat des secteurs sensibles comme les pourtours aéroportuaires. Si, du fait d'une sensibilité croissante à l'environnement et sa santé, le citoyen attend légitimement une information claire et honnête sur la qualité de l'air qu'il respire, il exige aussi de plus en plus de comprendre les processus de décision qui peuvent affecter son environnement, voire d'y être associé. Tout le monde admet que le temps d'opacités comités administratifs, au niveau local ou national est révolu. Les règles de la transparence et du débat public ne s'opposent pas à la nécessité de l'arbitrage final "du politique", fondé et légitime à faire la synthèse entre les différents intérêts et points de vue exprimés. Au contraire, ils le justifient et sont de nature à favoriser l'adhésion des citoyens aux décisions démocratiquement prises.

Des politiques de sensibilisation, d'information et surtout de concertation plus large du et avec le public doivent alors être mises en place afin notamment de mieux aborder les contextes sensibles. Or, la France dispose d'un tissu associatif dense, ainsi que des acteurs territoriaux de plus en plus impliqués. Ceci représente alors un potentiel participatif évident.

Bibliographie

- Abélès M., Charles L., Jeudy H-P., Kalaora B. (dir.), *L'environnement en perspective. Contextes et représentations de l'environnement*, Paris, L'Harmattan, 2000
- ACNUSA, 2006, *Rapport d'activités 2005*, Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaires, 64 p. (+ annexes)
- ADEF, 1999, *L'impact des aéroports sur le développement urbain*, Etude menée pour la DGAC, 36 p.
- Aéroports De Paris (ADP), Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF), 2001, *L'Airport city et son intégration régionale*, Rapport final pour la Commission Européenne dans le cadre du programme COFAR, Paris, 235 p.
- Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (AFSSE), 2004, *Impacts sanitaires du bruit. Etat des lieux. Indicateurs bruit-santé*, Maisons-Alfort, 304 p.
- AIRPARIF, 2003, *Etude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe des plates-formes aéroportuaires de Roissy-Charles de Gaulle et du Bourget*, Rapport final, 93 p.
- AIRPARIF, 2004, *Etude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe de la plate-forme aéroportuaire d'Orly*, Rapport final, 84 p.
- ALGOE Consultants, 2005, *Diagnostic socio-économique du pôle Orly-Rungis-Massy et impacts de la plate-forme aéroportuaire d'Orly sur le pôle*, mars, 107 p.
- American Academy of Pediatrics, 1997, "Noise: a hazard for the fetus and newborn", *Committee on Environmental Health. Pediatrics*, 100: 724-727.
- Ascher, 2004, *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, L'Aube, 103 p.
- Aubrée D., 2003, « Subjectivité et gêne sonore des bruits d'avions », *Réduction des bruits des avions commerciaux au voisinage des aéroports civils. Problématiques, enjeux et perspectives*, Collections de l'INRETS n° 88: 107-123.
- Babisch W., Houthuijs, D., Kwekkeboom J., Swartb W., Pershagen G., Bluhmc G., Selander J., Katsouyannid K., Charalampidis A., Velonakise M., Sourtzie P., Cadumf E., Vigna-Tagliantif F., Dudleyg M.-L., Jarupg L., 2005, "HYENA - Hypertension and Exposure to Noise near Airports. A European Study on Health Effects of Aircraft Noise", *InterNoise Proceedings*, Rio de Janeiro, 8 p.
- Babisch W., 2003, "Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise", *Noise Health*, 5
- Babisch W., 2000, "Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis", *Noise Health* 2(8): 9-32.
- Baranzini A., Ramirez J., 2002, *Paying for quietness*, University of Geneva, Department of Economics, Working paper 02-01, 31 p.
- Barraqué B., 1994, « Le principe d'antériorité », *Echo Bruit*, n° 64.
- Bartik T. et Smith K., 1987, "Urban amenities and public policies", in E. Mills, *Handbooks in Urban and Regional Economics*, Vol. II. Urban Economics, Amsterdam, Elsevier, 1207-1254.
- Bartik T., Butler J. and Liu J-T, 1990, "Maximum score estimates of the determinants of residential mobility: implications for the value of residential attachment and neighbourhood amenities", *Upjohn Institute Staff Working Paper* 90-01, August.
- Basner M. and al., 2001, "The influence of nocturnal aircraft noise on humans – A new comprehensive approach", *Internoise Proceedings*, Rome, 7 p.
- Basner, M., Buess, H., Muller, U., Plath, G., Samel, A., 2004, "Aircraft Noise Effects on Sleep: Final Results of DLR Laboratory and Field Studies of 2240 Polysomnographically Recorded Subject Nights", *Internoise Proceedings*, Prague, 7 p.

- Bateman I.J., Day B., Lake I., Lovett A.A., 2001, *The Effect of Road Traffic on Residential Property Values: A Literature Review and Hedonic Pricing Study*, Report for The Scottish Office, Development Department, Edinburgh, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich
- BIPE, 2004, *Analyse de l'impact du bruit des avions sur la valeur des logements dans les communes proches de Paris-CDC*, Rapport final pour la Mission Bruit, Ministère de l'Ecologie, 180 p.
- Bistrup ML, Hygge S, Keiding L, Passchier-Vermeer W., 2001, *Health Effects of Noise on Children and Perception of Risk of Noise*, Copenhagen: National Institute of Public Health
- Bjørner T.B., 2004, "Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction", *Transportation Research Part D* 9, pp. 341-356.
- Bonnefoy XR., Braubach M., Moissonnier B. et al., 2003, *Housing and health in Europe: preliminary results of a pan-European study*, *American Journal of Public Health*, n°93, pp. 1559-1563.
- Boulanger P-M., 2004, « Les indicateurs de développement durable : entre science et processus social ». *Séminaire d'économie de l'environnement de l'Institut du Développement Durable et des Relations Internationales*, 18 p.
- Boyer M., Bayssié L., 2001, « Du bruit d'avions au cerveau – Bourget 2001 : de la perturbation à l'activité cognitive », *ONERA, Acoustique et Techniques*, 27: 34-37
- Bristow A.L., Wardman M., Hullah P., Plachinski, E., 2005, "Modeling Annoyance from Aircraft Noise Using a Range of Indices: Lyon and Manchester Airports", *InterNoise Proceedings*, Rio de Janeiro, 10 p.
- Bristow A.L., Wardman M., 2003, *Attitudes to Aircraft Annoyance Around Airports (5A)- Survey Report*, EUROCONTROL, July, 178 p.
- Bristow A.L., 2004, "Aviation external costs: reports and evidence", *Institute for Transport Studies, University of Leeds*, 9 p.
- Bröer C., 2006, "Policy annoyance, how policies shape the experience of aircraft sound", *Airlines e-zine edition*, Issue 37, Amsterdam : Aksant.
- Brunekreef B., Janssen N.A., De Hartog J., Harssema H., Knape M., Van Vliet P., 1997, "Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways", *Epidemiology*, n°8(3), pp. 298-303.
- Button K., 2003 "The potential of meta-analysis and value transfers as part of airport environmental appraisal", *Journal of Air Transport Management*, 9: 167-176
- Callon M., Lascoumes P., Barthe Y., 2001, *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil, coll. La couleur des idées, 360 p.
- Camart J.-P., Lefranc A., 2004, « Effets du bruit sur la santé : données épidémiologiques récentes », *Environnement, Risque et Santé*, Vol. 3(4).
- Canevet G. et al., 2005, « La psychoacoustique : science de l'audition, science du son », *Acoustique et techniques*, 42-43 : 28-33
- CE Solutions for environment, economy and technology, 2000, *ESCAPE-Economic Screening of Aircraft preventing Emissions*, Main Report., Delft / Ede, 63 p.
- Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire (CAREPS), Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) Ile de France, 2005, *Etat des connaissances sur l'impact sanitaire des aéroport - risques liés aux agents physiques et microbiologiques*, rapport n° 549-1, Grenoble, 100 p.
- Chanel O., Scapecchi P., et Vergnaud J.C., 2001, *Long term health effects and economic valuation of public policies: an application to air pollution in France*. Working Paper Greqam 01B03, 48 p.
- Charles L., 2007, « La pollution atmosphérique, entre individu et collectif », in. Charles L., Roussel I., Weill A. (dir.), *Evaluation et perception de l'exposition à la pollution atmosphérique*, Paris, La documentation française, pp. 121-142.

- Charles L., 2005, « Table Ronde 2- débat sur la mise en place d'actions en Ile-de-France pour réduire ma pollution atmosphérique liée aux transports », in Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, p. 100 et s.
- Charlier B., 2002, *Du son à la gêne due au bruit : intérêt et modalités d'une approche géographique de l'exposition aux nuisances sonores. Exemples de quelques communes de l'agglomération paloise*, Rapport Université de Pau, PREDIT 1996-2000, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Pau, 45 p.
- Charre S., Faburel G., 2007, *Effets des nuisances aériennes sur la scolarité et la santé des enfants*, pour le Collectif Santé et Nuisances Aériennes, 15 p.
- Château-Thierry A-V., Rallo N. (DGAC), 1998, *La maîtrise des nuisances sonores sur les aéroports européens*, La Documentation française, 41 p. (+ annexes).
- Chatelain F., 2006, *Décision publique en matière de planification aéroportuaire, remises en question de l'évaluation et des référentiels d'action par les conflits : une analyse historique de Sydney Kingford Smith Airport*, Mémoire de master 2^{ème} année Cité-Mobilité (Université Paris XII – ENPC), sous la direction de G. Faburel, 88 p.
- Chen T.J., Chen S.S., 1993, "Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of school-age children", *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 65: 107-11
- Childers J. et al., 2000, "Real-time and Integrated Measurement of Potential Human Exposure to Particle-bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from Aircraft Exhaust", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108, n° 9.
- Christopher H., Foreman J., 1996, "A winning hand: The uncertain future of environmental justice", *The Brookings Review*, pp. 22-25.
- Cidell J.L., Adams John S., 2001, *The Groundside Effects of Air Transportation*, Center for Transportation Studies, Department of Geography, University of Minnesota, August, 90 p.
- Clark C., Stansfeld S., Haines M., Tamuno A., Daviese H., van Kempenf E., Lopez Barriog I., 2005, "Implications of the RANCH study for exploring mechanisms of noise effects on cognition", *InterNoise Proceedings*, Rio de Janeiro
- Cloquell-Ballester V.-A. et al., 2006, "Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment", *Environmental Impact Assessment Review* 26, pp. 79-105
- Coblentz P., 2000, *Influence du bruit des avions sur la santé des riverains d'aéroports. Synthèse des résultats*, Laboratoire d'Anthropologie Appliquée de l'Université Paris V-René Descartes pour le compte d'ADP, 27 p.
- COFAR, 2002, *Common Options for Airport Regions, Final Report*, Programme Interreg IIc, 104 p.
- Cohen JM., Mosnier A., 1999, *Epidémiologie sur le terrain : anxiété, dépression et autres maladies, enquête en médecine général sur les effets du stress sur la santé*. Rapport INRETS, 92 p.
- Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly S, 1981, "Aircraft noise and children : longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise-abatement", *Journal of Personality and Social Psychology*, n°40, pp. 331-345.
- Colvile R.N., Hutchinson E.J., Mindell J.S., Warren R.F., 2001, "The transport sector as a source of air pollution", *Atmospheric Environment*, 35: 1537-1565.
- Colvile R.N., Kaur S., Britter R., Robins A., Bell M.C., Shallcross D., Belcher S.E. Tate J.E., 2004, "Sustainable Development of Urban Transport Systems and Human Exposure to Air Pollution", *The Science of the Total Environment*, 334-335: 481-487.
- Commission européenne, 2003, "Valuation of noise", Position paper of the Working Group on health and socio-economic aspects, December, 9 p.
- Commission Européenne, 2001, *La politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix*, Livre Blanc, 105 p. (+ annexes).
- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), 2006, *Qualité de l'air et aéroports*, Rapport du groupe de travail Air et Transport, Paris, Lavoisier, TEC & DOC, 115 p.

- Countryside Agency (The) - UK, 2005, *Understanding tranquillity, The role of Participatory Appraisal consultation in defining and assessing a valuable resource*, Research Notes, CRN 92, March, 4 p.
- Crump D.R., Bland H.S., Brown V.M., Ross D.I., 1999. "Personal exposure to air pollutants in Hertfordshire, England", *Indoor Air '99*, Edinburgh: 288–293.
- Deaton J., Hoehn J.P., 2004, "Hedonic analysis of hazardous waste sites in the presence of other urban disamenities", *Environmental Science and Policy*, 7: 499-508
- Deprez S. et Bourcier A., 2004, *Vers des indicateurs de développement durable pour connaître, informer et décider : réflexion méthodologique appliquée à l'étude des effets environnementaux du transport de marchandises en ville*, CIRTAI, Université du Havre, 10 p.
- Desqueyroux H., 2005, « Programme paneuropéen : Effets du transport sur la santé des enfants », dans Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, pp. 12-15.
- Diaz-Sanchez D., Tsien A., Fleming J., Saxon A., 1997, "Combined diesel exhaust particulate and ragweed allergen challenge markedly enhances human in vivo nasal ragweed-specific IgE and skews cytokine production to a T helper cell 2-type pattern", *J. Immunol.* 158: 2406-13.
- Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), 2003, *Pollution atmosphérique et aviation*, 145 p.
- Djokvucic I., Hatfield J., Job R.F., 2004, "Experimental Examination of the Effect of Attitude to the Noise Source on Reaction, and of Reaction on Performance", *InterNoise Proceedings*, Prague, 10 p.
- Dowlin R., 2004, "Oakland International Airport's Human Health Risk Assessment", *Airport Air Quality Symposium*, Berkeley University, 26 p.
- Dubois D., Guastavino C. et Raimbault M., 2004, « Les catégories cognitives du bruit urbain : des discours aux indicateurs physiques », *Acoustique et techniques*, 39 : 49 à 57
- Duguet P., 2008, *Préfiguration de la mise en place d'un observatoire territorial sur le périmètre de la zone C du Plan d'Exposition au Bruit de Roissy CDG*, dans le Val-d'Oise, Rapport de fin d'études, Master d'Action Publique (ENPC), 123 p.
- Ernst & Young, 2003, *Scenario Based Valuation Advice, RNZAF Airbase, Whenuapai*, for Auckland International Airport, 17 p.
- Eurocontrol, 2001, *Study on constraints to growth*. European Civil Aviation Conference, Vols. 1 and 2, Brussels.
- Eurocontrol, ENVISA, 2005, "*Environmental tradeoffs assessment around airports*", 11 p.
- Eurostat, 2005, *Mesure des progrès accomplis sur la voie d'une Europe plus durable*, Les indicateurs de développement durable de l'Union européenne, données 1990–2005, 52 p.
- Evans GW, Gygge S., Bullinger M., 1995, "Chronic noise and psychological stress", *Psychological Science*, 6: 333-338.
- Evans GW, Maxwell L, 1998, "Chronic noise exposure and reading deficits: the mediating effects of language acquisition", *Environment Behavior*, 29: 638-56.
- Evans GW, Stecker R, 2004, "Motivational consequences of environmental stress", *Journal of Environmental Psychology*, 24: 143-165.
- Evans GW., Bullinger M., Hygge S., 1998, *Chronic noise exposure and physiological response : a prospective study of children living under environmental stress*, *Psychological Science*, n°6, pp. 333-338.
- Evans M. F., Smith V. K., 2005, "Do new health conditions support mortality – pollution effects?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 50: 496–518.
- (A paraître – 2008), Faburel G. et Lévy L., "Science, Expertise, and Local Knowledge in Airport Conflicts: Towards a Cosmopolitical Approach", in Saulo Cwerner, John Urry and Sven Kesselring (dir.) *Air Time-Spaces: New Methods for Researching Mobilities*, Routledge Ed., 20 p.

- Faburel G., Charre S., 2008, *Impacts environnementaux et territoriaux des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires. Connaissances scientifiques et proposition d'indicateurs pour le développement durable de l'aéroport du Bourget*, Conseil Général de Seine-St-Denis, juin, 132 p.
- Faburel G., 2008, « La portée dialogique des indicateurs de développement durable dans les démarches dites participatives. Vers une mise en controverse nécessaire des expertises et savoirs officiels. Le cas des aéroports », Actes du séminaire Programme interdisciplinaire "Développement urbain durable" (PIDUD/CNRS), *Regards croisés sur le développement urbain durable*, janvier, 24 p.
- Faburel G., Polack J-D., Beaumont J., 2007, *Bruit des transports : état et perspectives scientifiques*, La documentation française, 79 p
- Faburel G., Maleyre I., 2007, « Dépréciations immobilières, polarisation sociale et inégalités environnementales pour cause de bruit des avions. Une application de la méthode des prix hédoniques à proximité d'Orly », *Revue Développement Durable et Territoires*, mai, 17 p.
- Faburel G., Rui S., Déroutbaix, Lévy L. - coll. Châtelain F., Gobert J. et Gret, 2007, *Aéroports, Environnement et Territoires (AET) : quels indicateurs d'environnement pour quelles concertations avec les acteurs locaux et les riverains ? Retour d'expériences étrangères en matière de développement durable des sites et aires aéroportuaires*, Rapport du CRETEIL pour le CNRS et Aéroports de Paris, avril, 112 p.
- Faburel G. (Foteini Mikiki coll.), 2007, *Environmental effects around airports. Towards new indicators?*, *Synthesis report from CRETEIL for European Organisation for the Safety of Air Navigation Eurocontrol*, Eurocontrol Experimental Centre, January, 51 p. http://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/eec_notes_2007.html
- Faburel G., Charre S., Mikiki F., 2007, *La pollution atmosphérique générée par le trafic aérien. Etat des lieux, risques et effets sur la santé, perspectives et recommandations*. Rapport pour le Collectif d'associations Alerte Nuisances Aériennes, juillet, 30 p.
- Faburel G., Gaudibert P., 2007, « Une aide pour l'élaboration des plans locaux d'action : vers des cartes de gêne sonore, de satisfaction territoriale et d'attachement local », *Echo Bruit*, n°119, Décembre, 8 p.
- Faburel G. (coord.), Chatelain F., Gobert J., Lévy L., Manola Th., Mikiki F. et Zegagh D., 2006a, *Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens. Tome 1 : Etat des savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d'environnement*, Rapport du CRETEIL pour l'ACNUSA, ADP et la DGAC, mai, 158 p.
- Faburel G. (coord.), Chatelain F., Gobert J., Lévy L., Manola T. et Mikiki F., 2006b, *Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens. Tome 2 : Indicateurs d'effets environnementaux et de développement durable*, Rapport final du CRETEIL pour l'ACNUSA, ADP et la DGAC, juin, 62 p.
- Faburel G., Maleyre I., 2005, *Evolution des prix de l'immobilier (1996 – 2005) dans 9 communes franciliennes nouvellement survolées par les avions*, Rapport final du CRETEIL pour l'Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaires, décembre, 18 p.
- Faburel G., Maleyre I., Peixoto F., 2005, *Nuisances sonores routières et ferroviaires en milieu urbain. Dépréciations immobilières, gêne sonore, consentements à payer et coût social*, Rapport ERUDITE/GRATICE et CRETEIL Tome 2, pour l'ADEME dans le cadre du PREDIT Groupe Politiques de Transport, 150 p.
- Faburel G., 2005, « Le rôle de l'expertise et de la norme techniques dans les conflits aéroportuaires. Le cas de la non application du principe pollueur-payeur », *Cahiers Scientifiques du Transport*, 47 : 109-132.
- Faburel G. (coll. Mikiki F.), 2003, *Pour une territorialisation des aéroports. Acceptabilité politique du principe pollueur-payeur. Le cas du bruit des avions à Roissy CDG*, Rapport final du CRETEIL pour la Mission Bruit du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, avril, 140 p.

- Faburel G., Maleyre I., Peixoto F., 2004, *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*, Rapport du CRETEIL, en collaboration avec le GRATICE, 59 p.
- Faburel G., 2004, « Développement des infrastructures aéroportuaires : le débat impossible ? », *Cahiers de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France*, n°139-140, pp. 234-239.
- Faburel G., Mouly B., 2003, « Les territoires de la gêne sonore à proximité de l'aéroport d'Orly. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme outils d'aide à l'analyse et à la décision », *Echo Bruit*, n° 104, pp. 44-50 (+ cartes).
- Faburel G., 2003a, *Les conflits aéroportuaires aux Etats-Unis. Lorsque l'approche technique de l'environnement conduit les aéroports dans des impasses*. Bilan du séjour de recherche au M.I.T. 2001-2002, Rapport final du CRETEIL pour le Programme Environnement, Vie et Société du CNRS, mai, 79 p., hors annexes.
- Faburel G., 2003b, « Lorsque les territoires locaux entrent dans l'arène publique. Retour d'expériences en matière de conflits aéroportuaires », *Espaces et Sociétés*, n°115, numéro coordonné par B. Barraqué et G. Faburel, pp. 123-146.
- Faburel G., 2003c, « L'action des pouvoirs publics américains en matière de lutte contre le bruit des avions. Entre productivité acoustique et contre-productivité socio-politique ? », *Acoustique et Techniques*, n° 34-35, pp.47-59.
- Faburel G., 2003d, « Le bruit des avions. Facteur de révélation et de construction de territoires », *L'Espace géographique*, n°3 : 205-223.
- Faburel G., 2002a, « Evaluation du coût social du bruit des avions. Application de la méthode d'évaluation contingente au cas d'Orly », *Cahiers scientifiques du transport*, 42 : p. 43-74.
- Faburel G., 2002b, « Acceptabilité institutionnelle et sociale d'une modalité d'évaluation socio-économique : la méthode d'évaluation contingente appliquée au bruit des avions », *Métropolis*, Vol. 108/109 : 26-31.
- Faburel G., 2001, *Le bruit des avions : évaluation du coût social. Entre aéroport et territoires*, Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, septembre, 352 p.
- Fairburn J., 2008, « Mesures et indicateurs de la justice environnementale », Intervention au séminaire *Inégalité environnementales et risques sanitaires*, organisé par la chaire Développement durable de l'Institut d'Etudes Politiques de Paris et l'AFSSET, Paris, 10 avril 2008.
- Fairburn J., Walker G., Smith G., 2005, *Investigating environmental justice in Scotland: links between measures of environmental quality and social deprivation*, Final report, Institute for Environment and Sustainability Research, Staffordshire University, 153 p. (<http://www.staffs.ac.uk/schools/sciences/geography/links/IESR/environmentaljusticeresearch/projects.htm>)
- Federal Interagency Committee on Aviation Noise (FICAN), 2000, *FICAN Position on Research into Effects of Aircraft Noise on Classroom Learning*.
- Feitelson E., 2002, "Introducing environmental equity dimensions into sustainable transport discourse: issues and pitfalls", *Transportation Research Part D* 7, pp. 99-118.
- Fidell S., Schomer P. 2005, "Uncertainties in measuring aircraft noise exposure and predicting community response to it", *Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*, INCE, 8 p.
- Fields J.M., 2001, *An updated catalog of 521 Social Surveys of residents' reactions to environmental noise (1943 – 2000)*, report for NASA/CR 2011257, Wyle Laboratories, California
- Finegold L. and al., 1993, "US Air Force Research Program on the effects of Aircraft noise on humans: current status and future directions", *Proceedings of Noise & Man*, INRETS, Vol. 2: 229-231.
- Fisher F., 2000, *Citizens, experts and the environment. The political of local knowledge*, Duke University Press, 328 p.

- Fleuret (dir.), 2006, *Espaces, qualité de vie et bien-être*, Actes du colloque EQBE : « Peut-on prétendre à des espaces de qualité et de bien-être ? », Presses de l'Université d'Angers, 318 p.
- Fondaterra, 2005, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé, Certitudes et incertitudes scientifiques ? Quelles actions pour réduire la pollution atmosphérique ?* Actes du Colloque, avec l'aide du Conseil régional d'Ile-de-France, 105 p.
- Franssen E. et al., 2004, "Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use", *Occup. Environ. Med.*, 61: 405-413
- Franssen E., Staatsen B., 2002, "Assessing health consequences in an environmental impact assessment – The case of Amsterdam Airport Schiphol", *EIAR*, 22: 633-653
- Franssen E.A.M., Leuret E., Staatsen B.A.M., 1999, *Health Impact Assessment Schiphol airport 1999, Overview of results until 1999*, National Institute of Public Health and the Environment, RIMV report 441520 012, 38p.
- Franssen E., Ameling CA., Leuret E., 1997, *Variations in birth-weight in the vicinity of Schiphol Airport* (in Dutch), RIVM, Rapport N° 441520 008
- Gallacher JE., Babisch W., Ising H, 2003, "Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease", *Occup Environ Med*, 60: 739-45
- Gaudin J-P., 2004, *L'action publique. Sociologie et politique*, Paris, Dalloz et Presses de Sciences Po, 250 p.
- Ghorra-Gobin C., 2000, « De la justice environnementale : réflexion prospective autour du principe de compensation », *L'environnement du XXI^{ème} siècle*. Vol. III Démocratie et politique de long terme. Dir. J. Theys, Germes, pp. 153-159.
- Giblin, J-P., 2004, « Point de vue du décideur », *Extrapol* n°23, 5 p.
- Gillen D., 2001 et 2002, "Framing the Assessment of Alternative Noise Management Strategies", *Aircraft Noise Symposium*, University of California, Berkeley, February, 50 p.
- Gillen D., Levesque T.J., 1994, "A socio-economic assessment of complaints about airport noise", *Transportation Planning and Technology*, 18: 45-55.
- Gobert J., 2005, *La concertation autour de l'aéroport de Genève*, Mémoire de DEA Urbanisme, dans le cadre de la recherche CNRS-ADP, Aéroport, Environnement et Territoires, sous la direction de G. Faburel, CRETEIL Institut d'Urbanisme de Paris (Université Paris XII).
- Green K.B., Pasternack B.S., 1982, "Effects on aircraft noise on reading ability of school-age children", *Archives of Envir. Health*, 37: 24-31
- Green R.K., 2003, *A Note on airports and Economic Development*, University of Wisconsin-Madison
- Griefahn B., 2004, "Medical Aspects: Physiological and Psychological Consequences of Noise with special regard to Aircraft Noise », in Gonzalez J.G., *Environmental Noise – Main Focus: Aircraft Noise*, ss. la direction de Gethmann F., Europäische Akademie, Graue Reihe.
- Guelton S., Fritsch B., 2005, *L'influence des territoires sur les différences d'estimation des coûts environnementaux des transports : une méta-analyse*, Rapport intermédiaire du CRETEIL - Université Paris 12 et du LACQ - Université de Nantes pour le PREDIT, groupe 7, 20 p. (+ annexes)
- Guillemot, D., 2005, « Table Ronde 1- débat sur les certitudes et incertitudes scientifiques avec la mise en évidence des recherches à développer au niveau français et européen » dans Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*.
- Guski R., 2004, "Dose-effects relation for L_{DEN}: Present state and future research", *CALM Workshop Bruxelles*, 18 mars, 14 p.
- Haines M.M., Stansfeld S.A., Head J., Job R.F.S., 2002, *Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, n°56, pp.139 - 144.
- Haines M.M., Stansfeld S.A., Soames Job R.F., Berglund B., Head J., 2001, *A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition*, *International Journal of Epidemiology*, n°30, pp 839-845.

- Haines MM, Stansfeld SA, 2001, "Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children", *Psycho Med*, 31: 265-77
- Haines MM, Stansfeld SA, Head J, Job RF, 2002, "Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London.", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56: 139-144.
- Haralabidis A. S. et al., 2008, "Acute effects of night time-noise exposure on blood pressure in populations living near airports", *European Heart Journal*, February, 8 p.
- Haut Comité Français de Santé Publique, 2000, *Politiques Publiques, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques*, Zmirou D. (coord.), 117 p. (<http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/pollution/sommaire.htm>)
- HEATCO, 2005, "State-of-the-art in project assessment", *Deliverable 2*, 21 December, 219 p.
- Hellbrück J, Kuwano S, Namba S., 1995, "Irrelevant background speech and human performance: Is there long-term habituation?" *Journal of the Acoustical Society of Japan*, 17: pp. 239-247
- Hiramatsu K, Yamamoto T., 1997, "A survey on health effects due to aircraft noise on residents living around Kadena air base in the Ryukyus", *Journal of Sound and Vibration*, 205 (4): 451-460
- Holgate, S.T., Commins, B.T., Anderson, H.R., 1995. *Asthma and outdoor air pollution*. Department of Health Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. HMSO, London.
- Hollander A.E.M. (de), 2004, *Assessing and evaluating the health impact of environmental exposures – "Deaths, DALYs or Dollars?"*, Université d'Utrecht
- Hume K.I., 2003, *Effects of aircraft noise on sleep: EEG-Based measurements*, Centre for Aviation, Transport and the Environment/ Manchester University, June, 52 p.
- Hume K.I., Gregg M., Thomas C. & Terranova, D., 2003, "Complaints caused by aircraft operations: an assessment of annoyance by noise level and time of the day", *Journal of Air Transport Management* 9(3): 153-160
- Humphreys I., Francis G., 2002, "Policy issues and planning of UK regional Airports", *Journal of Transport Geography*, Vol. 10, pp. 249-258.
- Hunt A., 2001, *Monetary valuation of noise effects*, UNITE, Metroeconomica, Rapport final, May, 27 p.
- Hygge S., 1993, "A comparison between the impact of noise from aircraft, road traffic and trains on long term recall and recognition of a text in children", *Skriftenreview der Wasser Boden Lufthygiene*, 88: 416-427
- Hygge S., Evans GW., Bullinger M., 1996, *The Munich airport noise study : cognitive effects on children from before to after the change over airports*, in : proceedings of Internoise.
- IAURIF, 2004, « Aéroports et territoires en Ile-de-France, *Cahiers de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France*, n°139-140, 267 p.
- IAURIF, 2003, *L'impact socio-économique des aéroports franciliens*, Etude réalisée pour ADP
- INRETS, 1997, *Impact du bruit des avions sur le marché immobilier*, Rapport INRETS-LEN n°9716 pour la Mission Bruit, Ministère de l'Ecologie, 60 p.
- Institut für Technologie und Regionalpolitik, Joanneum Research (JR) Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), 2007, *Wirtschaftsfaktor Flughafen Wien 2007*. (Données disponibles sur : <http://www.vie-umwelt.at>).
- Janssen N.A.H., Hoek G., Harssema H., Brunekreef B., 1999, "Personal Exposure to Fine Particles in Children Correlates Closely with Ambient Fine Particles", *Archives of Environmental Health*, march.
- Jarvis, D., Burney, P., 1998, "The epidemiology of allergic disease", *British Medical Journal*, 316, pp. 607-610
- Jong RG., 1993, "Review: extraaural health effects of aircraft noise", *Schriftenr. Wasser Boden Lufthygiene*, 88: 250-70

- Kamp (van) I. et al., 2004, "The role of noise sensitivity in the noise-response relation : A comparison of three international airport studies", *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 116:3471-9
- Kihlman, T., Schulte-Fortkamp B., 2004, "Soundscapes - Conclusions Concerning results and Research Needs", *Internoise Proceedings*, Prague, 11 p.
- Knipschild P., Oudshoorn N., 1997, "Medical effects of aircraft noise: drug survey", *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 40: 191-196
- Krishna M.T., Chauhan A.J., 1996, "Air pollution and health", *Journal of the Royal College of Physicians of London*, London, 30(5): 448-452.
- Kruize H., 2008, « *Équité environnementale aux Pays-Bas* », Intervention au séminaire *Inégalité environnementales et risques sanitaires*, organisé par la chaire Développement durable de l'Institut d'Études Politiques de Paris et l'AFSSET, Paris, 10 avril 2008.
- Kruize H., 2007, *On environmental equity – exploring the distribution of environmental quality among socio-economic categories in the Netherlands*, KNAG / Copernic institute, Utrecht, Pays Bas, 219 p.
- Kryter KD., 1990, "Aircraft noise and social factors in psychiatric hospital admission rates: a reexamination of some data", *Psychol Med*, 20: 395-411.
- Kryter KD., 1983, *The effects of noise on man*, Orlando: FL Academic.
- Lake I., Lovett A.A., Bateman I.J., Langford I.H., 1998, "Modelling environmental influences on property prices in an urban environment", *Computers Environment and Urban Systems*, 22(2): 121-136.
- Lambert J., 2001, "Caractérisation, mesures et descripteurs acoustiques de la gêne due au bruit routier", *Journée d'étude bruit du trafic routier*, 22-23 novembre 2001, Nantes
- Lameloise, P., 2005, « Surveillance de la qualité de l'air », dans Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, pp. 16-20.
- Laroche, C., Vallet, M. et Aubrée, D., 2003, « Le bruit », Chapitre 18 dans *Environnement et Santé Publique : fondements et pratiques*. Édisem, Montréal, pp. 479- 497.
- Lazarus H., 1998, "Noise and communication: Present state": in Carter N, Job RFS (eds) *Noise effects* 98: 157–162
- Lee C.S.Y., Fleming G.G., 2002, *General Health effects of transportation noise*, US Department of Transportation, Final Report, 36 p.
- Lefranc, A., 2005, « Epidémiologie – Effets a court terme : des études épidémiologiques aux évaluations d'impact sanitaire », dans Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, pp. 28-35.
- Leroux M., 2003, « Vers une charte intersonique », *Espaces et Sociétés* n°115 - Ambiances et espaces sonores, pp. 105-121.
- Levesque T.J., 1994, "Modelling the effects of airport noise on residential housing markets - a case of Winnipeg International Airport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28: 199-210.
- Lévy L., 2005, *Planification et concertation aéroportuaire. Comparaison Francfort Rhin-main et Roissy CDG*, Mémoire de 2^{ème} année de Magistère (Université Paris 1), sous la direction de G. Faburel, 126 p.
- Lévy L., 2007, *Entre expertise et planification : et si les indicateurs pouvaient (ré)écrire les territoires aéroportuaires ?* Mémoire de Master 2 Recherche Urbanisme et Territoire, Institut d'Urbanisme de Paris (Université Paris 12), sous la direction de Guillaume Faburel, 148 p.
- Lévy-Leboyer C. et Moser G., 1976, « Que signifient les gênes exprimées ? Enquête sur les bruits dans les logements », *Sondages, Revue française de l'opinion publique*, n° 2
- Lévy-Leboyer C. et Naturel V., 1991, "Neighbourhood noise annoyance", *Journal of Environmental Psychology*, 11 : 75-86.

- Lolive et Soubeyran, (coord.), 2007, Les cosmopolitiques, entre aménagement et environnement, La Découverte
- Lu C-H-Y., Morrell P., 2001, "Evaluation and implications of environmental charges on commercial flights", *Transport Reviews*, 21(3): 377-395.
- Maleyre I., 1997, « L'approche hédonique des marchés immobiliers », *Etudes foncières*, n° 76, pp. 22-29.
- Marano F., 2005, « Toxicologie », dans Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, pp. 22-26.
- Marchessault M., 2005, « Table ronde 1 – débat sur les certitudes et incertitudes scientifiques avec la mise en évidence des recherches à développer au niveau français et européen » dans les Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, p. 57.
- Marneffe de P., 1997, Répercussions des vols de nuit sur la qualité de vie et la santé des riverains d'aéroport, Novembre, www.ufcna.com/nuisances02.html
- Martinez M., 2001a, *L'Impact des nuisances sonores de l'aéroport de Roissy CDG sur le marché foncier et l'immobilier. Approche exploratoire*, Association des Etudes Foncières - ADEF, Rapport pour l'European Airport Project COFAR, et la Ville de Tremblay-en-France, 30 p.
- Martinez M., 2001b, « Le prix du bruit autour de Roissy », *Etudes Foncières*, n°90, mars-avril, pp. 21-23
- Mac Ewen B.S., 1998, "Protective and damaging effects of stress mediators", *New England Journal of Medicine* 338, pp. 171-179
- Mac Millen, D.P., 2004, "Airport expansions and property values: the case of Chicago O'Hare Airport" *Journal of Urban Economics*, 55: 627-640.
- Medina S., Segala C., 2004, "Health impact assessment. Schiphol airport. Overview of results until 1999", *Extrapol* n°23.
- Meunier S., 2001, « Critères psycho-acoustiques des nuisances sonores : évaluation perceptive de bruits de circulation routière et ferroviaire », *Acoustique et techniques*, 26 : 30-35
- Miedema HME, Oudshoorn, 2001, "Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals", *Environmental Health Perspectives*, 109(4): 409-416
- Miedema HME, Vos H., 1999, "Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise", *Journal of Acoustical Society of America*, 107
- Miedema HME., Passchier-Vermeer W., Vos H., 2003, *Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance*, TNO Inro report 2002-59, for the European Commission, 64 p.
- Miedema HME., Vos H., 1998, "Exposure-response relationships for transportation noise ", *Journal of Acoustical Society of America*, 104
- Mission Roissy, 1999, *Etude d'ensemble du devenir des vieux pays soumis aux nuisances de l'aéroport CDG, Propositions d'intervention, Sud-est du Val-d'Oise*, DREIF, octobre, 26 p.
- Mittelmark M.B., 2001, "Promoting social responsibility for health: HIA and healthy public policy at the community level", *Health Promotion International*, 16 (3): 269-274.
- Miyamoto T., 1997, "Epidemiology of pollution-induced airway disease in Japan", *Allergy*, 52: 30-34.
- Momas, I., Blanchard, O., 2004, « Aéroports et pollutions atmosphériques : quels impacts sanitaires ? », *Extrapol*, n°23, pp. 3-4.
- Morello-Frosch R., Pastor M., Sadd J., 2001, "Environmental Justice and Southern California's 'Riskscape': The Distribution of Air Toxics Exposures and Health Risks Among Diverse Communities", *Urban Affairs Review*.
- Morrison S.A., Watson T., Winston C., 1998, *Fundamental Flaws of Social Regulation: The Case of Airplane Noise*, Joint Center - Northeastern University (Boston), Working-Paper 98-2, 17 p.

- Morrell P., Lu C-H-Y., 2000, "Aircraft Noise Social Cost and Charge Mechanisms-A Case Study of Amsterdam Airport Schiphol", *Transportation-Research Part D*, 5(4): 305-320.
- Moser G. et Weiss K., 2003, *Espace de vie. Aspects de la relation homme-environnement*, Armand Colin, Paris, 399 p.
- Mouret M., Vallet M., 1995, *Les effets du bruit sur la santé*, Rapport pour le ministère des Affaires sociales et de la santé, 131 p.
- Muzet A., 2002a, "Noise exposure from various sources sleep disturbance, dose-effect relationships on adults", *WHO –Technical meeting on exposure-response of noise on health*, Meeting report, p. 40-62
- Muzet A., 2002b, « Les effets du bruit sur le sommeil, *Acoustique et techniques*, 28 : 13-19
- Nash C. and al., 2003, *UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency)*, Final Report for Publication, EC 5th Framework RTD Programme
- Nathanail Ch., 2005, "Urban environmental noise in Greece: a social survey", *Congress and exposition on Noise Control Engineering*, August, Rio de Janeiro, 8 p.
- Navrud S., 2002, *The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise*, Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway, Final Report to European Commission DG Environment, April, 38 p.
- Nelson J-P., 1980, "Airports and property values: a survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, 14 (1): 37-52.
- Nelson J-P., 2004, "Meta-Analysis of Airport Noise and Hedonic Property Values", *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(1): 1-27.
- Nérome S., Enjalbert J-P. et al., 2004, *INSOMNIA – Impact des Nuisances SONores (Maladies et INsomnie) à proximité des aéroports*, ADVOCANAR & CSNA, 38 p.
- Nijland H.A., Van Kempen, 2003, "Costs and benefits of noise abatement measures", *Transport Policy*, 10: 131-140
- Ninan TK, Russell G, 1992, « Asthma, inhaled corticosteroid treatment, and growth", *Archives of Disease in Childhood*, 67: 703-705
- OFEFP, 2005, « Lutte contre le bruit », *Revue Environnement*, 2.
- Offner J-M., 1993, « Les effets structurants du transport : mythe politique, mystification scientifique », *L'espace géographique*, 3: 233-242.
- AUDI, OGE, CG91 et CG94, 2005, *Diagnostic dynamique du contexte immobilier du pôle Orly-Rungis-Massy*, avril.
- Oh X., Day C.W., 1998, "Insulating houses against airport noise: the approach in New Zealand - is it enough?", *Internoise Proceedings*, 6 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS) – UNECE, 2004, *Transport-related Health Effects with a Particular Focus on Children Report 2 : Noise*, Pan-European Program - PEP - Transport, Health and Environment, National Institute of Public Health and Environment, Netherlands.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2000a, « Bruit et Santé. Collectivités locales, environnement et santé », Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse, 28 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2000b, « La mesure acoustique. Collectivités locales, environnement et santé », Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse, 24 p.
- Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec, 2005, *Agir pour réduire les répercussions du bruit sur la santé et sur la qualité de vie de la population : adopter une approche de développement durable au regard du loisir motorisé*, 56 p.
- ORS, IAURIF, 2005, *Le bruit et ses effets sur la santé, estimation de l'exposition des Franciliens*, 8 p.
- Passchier-Vermeer W., 1993, *Noise and Health*, The Hague: Health Council of the Netherlands. Publication no A93/02E.
- Pastor M. and Sadd J., 2000, *Environmental Justice and the expansion of LAX*, University of LA, 20 p.
- Pearce D.W., 1993, *Economic values and the natural world*, Cambridge MA, MIT Press, 181 p.

- Pearce D.W., Pearce B., 2000, *Setting Environmental Taxes For Aircraft: A Case Study of the UK*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University London College, Working Paper 2000-26, 26 p.
- Perera F., 1981, "Carcinogenicity of airborne particulate benzo(a)pyrene: an appraisal of the evidence and the need for control, *Environmental Health Perspectives*, 42: 163-185.
- Periañez M., 2001, « Le bruit des avions est-il négociable ? » Analyse secondaire de 84 entretiens qualitatifs issus de trois pré-enquêtes psychosociologiques de 1998 portant sur le vécu des situations sonores par les riverains des aéroports d'Orly et Roissy-CDG, mai 2001, IPSHA et ADEME, 123 p.
- Pitarque M., Creus A., Marcos R., Hughes J-A., Anderson D., 2004, "Etude des effets génotoxiques chez le personnel de l'aéroport de Barcelone à l'aide de divers biomarqueurs", in *Extrapol*, Zones aéroportuaires, 24 p.
- Pope C.A., R. Burnett, M. Thun, E. Calle, D. Krewski, K. Ito, G. Thurston, 2002, "Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution", *J. Amer. Med. Assoc.* 287: 1132–1141.
- Pope C.A., Thun M.J., Namboodiri M.M., 1995, "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151: 669–674.
- Province of Noord-Holland, 2000, *Common Options For Airport Regions*, Final Report, Etude réalisée dans le cadre du programme COFAR, 105 p.
- Regional Dialogforum, 2007, *Synopse zur Immobilienpreisanalyse im Umfeld des Flughafens Frankfurt/M.*, juin, 15 p.
- Ringheim M. 2005, «The concept of "sufficient accuracy related to human perception of environmental noise"», *Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*, INCE, 5 p.
- Rosen S., 1974, "Hedonic prices and implicit markets : product differentiation in pure competition ", *Journal of Political Economy*, 82: 34-55.
- Rumpala Y., 2003, *Régulation publique et environnement. Questions écologiques, réponses économiques*, Paris, L'Harmattan, coll. Logiques politiques, 373 p.
- Salvi M., 2004, "Spatial estimation of the impact of airport noise on residential housing prices", 11^{ème} Conférence de l'European Real Estate Society, Milan, Juin, 6 p.
- Schipper Y., 1997, *On the Valuation of Aircraft Noise-a Meta Analysis*, Tinbergen Institute PhD Research Bulletin, 9 (2): 1-18
- Schipper Y., Nijkamp P., Rietveld P., 1998, "Why do aircraft noise value estimates differ? A meta-analysis" *Journal of Air Transport Management*, 4: 117-124.
- Schmid S., 2005, *Externe Kosten des Verkehrs: Grenz- und Gesamtkosten durch Luftschadstoffe und Lärm in Deutschland*, Université de Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 255 p.
- Schmid S., Preiss P., 2003, *Ermittlung externer Kosten des Flugverkehrs am Flughafen Frankfurt/Main*, Rapport final, Université de Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 238 p.
- Schreckenber D. et Meis M., 2006, *Effects of Aircraft Noise on Noise Annoyance and Quality of Life around Frankfurt Airport*, Report for The Regional Dialog Forum, Frankfurt Rhin-Main, 63 p.
- Schreckenber, D., Guski, R., Schmaus, I., Moehler, U., Schuemer, R., 2004, "Annoyance and Disturbances due to Traffic Noise at Different Times of Day" , in *Internoise Proceedings*, Prague, 8 p.
- Schweitzer L, Velenzuela A., 2004, "Environmental Injustice and Transportation: The Claims and the evidence", *Journal of Planning Literature*, 18 (4).
- Seethaler R.K. and al., 2003, « Economic costs of air pollution-related Health impacts. An Impact Assessment Project of Austria, France and Switzerland », *Clean Air and Environmental Quality*, 37(1): 35-43.

- Sharp B., 2005, "Airport Community Involvement Issues in the United States", Wyle Research & Consulting, *Non-Auditory Factors in Aircraft Noise Annoyance Workshop*, Amsterdam, October.
- Sheppard S., 1999, "Hedonic analysis of housing markets", in *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 3, P. Cheshire and E.S. Mills (eds.), Amsterdam: North Holland, pp. 1595-1635
- Solinis G., 2005 (dir.), *Construire des gouvernances : entre citoyens, décideurs et scientifiques*, Unesco-PIE-Peter Lang.
- Southgate D., 2002, "Adding a Fourth Leg to the Stool", *Aircraft Noise Symposium* de Berkeley, 17 p.
- Southgate D., Sedgwick S., 2006, "Time stamped aircraft noise prediction - replacing the 'Average Day' with the 'Composite Year'", *Internoise Congress*, Hawaï, 9 p.
- Staatsen B.A.M., Franssen E.A.M., Lebet E., 1994, *Health Impact Assessment Schiphol airport 1994, Executive summary*. National Institute of Public Health and the Environment, RIMV report 441520003, 33 p.
- Stallen P. J., Chierandjoe H., 2005, "How to (re)distribute noise around airports in a fair manner? An experimental study of the role of social categories and problem framing", *Non-Auditory Factors in Aircraft Noise Annoyance Workshop*, Amsterdam, October
- Stansfeld S.A., 2000, « Session 5 : les effets du bruit », *Acoustique et techniques*, 22 : 40 - 44
- Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, E. Ohrstrom, Haines MM et coll, 2005, "Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross national Study", *The Lancet*, 365, 1942-1949.
- Theys J., 2002, « L'approche territoriale du « développement durable », condition d'une prise en compte de sa dimension sociale », *Revue Développement Durable et Territoires*, Dossier 1 : Approche territoriale du développement durable, 14 p.
- TNO-PG / RIVM, 1998, *Annoyance, sleep disturbance, health-effects and (dis)satisfaction with the environment in the Schiphol-region*, Leiden/Bilthoven: TNO-PG/RIVM (in Dutch).
- Tol R.S.J., 2005, "Comment on Valuing or Pricing Natural and Environmental Resources" by Y. Zhang and Y. Li, *Environmental Science & Policy*, (8): 187-188.
- Torgue H., 2005, « Agir sur l'environnement sonore. De la lutte contre le bruit à la maîtrise de l'environnement sonore », *Regards Croisés*, 4 p.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 1993, *Motor vehicle related air toxic study*, Public Review Draft, Washington DC, USA.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 1990, *Cancer Risks from Outdoor Exposure to Air Toxics, Vol. 1, Final Report*, Washington DC, USA.
- Vallet M., Cohen J.M., 2000, *Etudes épidémiologiques des troubles anxiodépressifs autour des aéroports (ETADAM)*, INRETS, rapport LTE n° 2008.
- Vallet M., Vincent B., Olivier D., 2000, *La gêne due au bruit des avions autour des aéroports, Tome 1 : Analyse de la gêne*, Rapport LTE 9920 pour la Mission Bruit (MATE), 62 p.
- Vallet M., 2002, « La gêne due au bruit autour des aéroports », *Acoustique et techniques*, 28 : 26 à 33
- Van Praag B. M. S. et Baarsma B. E., 2005, "Using happiness surveys to value intangibles: the case of airport noise", *The Economic Journal*, 115: 224-246.
- Van Praag B.M.S, Baarsma B.E., 2000, "The shadow price of aircraft noise nuisance: a new approach to the internalization of externalities", Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2001-010/3, 39 p.
- Venkatachalam L., 2004, "The contingent valuation method a review", *Environmental Impact Assessment Review*, 21: 89-124
- Visser, H.G., Wijnen, R.A.A., 2001, "Optimization of noise abatement departure trajectories". *Journal of Aircraft*, 38: 620-627.
- Visser, H.G., Wijnen, R.A.A., 2003. "Optimisation of noise abatement arrival trajectories". *The Aeronautical Journal*, 1076: 607-615.

- Wachter S., Theys J., 2002, *L'Aménagement durable : défis et politiques*, La Tour. d'Aigues – Paris, L'Aube - Datar, 195 p.
- Walters A., 1975, *Noise and prices*, Oxford University Press, London
- Weatherley N.S., Timmis R.J., 2001, "The atmosphere in England and Wales: an environmental management review", *Atmospheric Environment*, 35: 5567–5580.
- WHO Regional Office for Europe, 2004, *Noise and Health Home*, Rapport final, Bonn, Germany: WHO European Centre for Environment and Health.
- WHO / Europe, UNECE, 2003, *Transport-related health effects with a particular focus on children – Towards an integrated Assessment of their costs and benefits. State of the Art Knowledge, methodological aspects and policy directions*, Pan-European Programme (PEP), Transport, Health and Environment, 134 p.
- Wijnen, R.A.A., Visser, H.G., 2003. "Optimal departure trajectories with respect to sleep disturbance". *Aerospace Science and Technology*, 7: 81–91.
- Wilkinson R.T. and Campbell K.B., 1984, Effects of traffic noise on quality of sleep: assessment by EEG, subjective report, or performance the next day. *J Acoust Soc Am*, 75(2): p. 468-475.
- Woolcock A.-J., Peat J.-K., 1997, "Evidence for the increase in asthma worldwide", In : *The rising trends in asthma*, Wiley, Chichester (Ciba Fondation Symposium 206):122-139.
- WWW / INFRAS, 2000, *Effets externes des transports*, Zürich / Karlsruhe, actualisation du rapport de 1994, 95 p.
- Young H-P, 1994, *Equity in Theory and Practice*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 403 p.
- Yu, K.N., Cheunga, Y.P., Cheunga, T., Henry, R. C., 2004, "Identifying the impact of large urban airports on local air quality by nonparametric regression", *Atmospheric Environment*, 38: 4501–4507.
- Zhang, Y., Li Y., 2005, "Reply to comment on Valuing or pricing natural and environmental resources", *Environmental Science & Policy*, 8: 189-