

Centre de Recherche



Espace
Transports
Environnement
et Institutions Locales

Institut d' Urbanisme de Paris - Université Paris XII - 61 avenue du Général de Gaulle – 94 009 Créteil
Tél. : 01 41 78 48 26 - Fax. : 01 41 78 48 27 - labo-creteil@univ-paris12.fr
<http://www.univ-paris12.fr/~creteil/>

Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens

*Séminaires d'échanges sur les connaissances scientifiques
et sur les indicateurs pour l'aide à la décision*

Tome 2 : Vers des indicateurs d'effets environnementaux et de développement durable

Guillaume Faburel (coord.), Florent Chatelain, Julie Gobert,
Lisa Lévy, Théodora Manola et Foteini Mikiki

Mai 2006

Travail mené pour le compte de l'Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores
Aéroportuaires, de la Direction Générale de l'Aviation Civile et d'Aéroports de Paris.

Sommaire

8. DE L'UTILITE DES INDICATEURS POUR CONSTRUIRE DE NOUVELLES ACTIONS : ENTRE STABILITE ET RENOUVELLEMENT	5
9. LIMITES DES INDICATEURS OFFICIELS D'EFFETS ENVIRONNEMENTAUX ET TERRITORIAUX DES PLATES-FORMES	9
9.1 PRESENTATION DES INDICATEURS OFFICIELS	9
9.1.1 <i>Les indicateurs de bruit</i>	9
9.1.2 <i>Les indicateurs de qualité de l'air</i>	11
9.2 DES INDICATEURS (ET CONNAISSANCES) OFFICIELS ENCORE TRES A-TERRITORIAUX : LES LIMITES DE LA SEULE UNIFORMISATION PAR DES INDICATEURS D'EMISSIONS.....	13
9.2.1 <i>Décalage entre les indicateurs officiels de bruit, et la gêne ressentie ou ses manifestations territoriales (choix résidentiels des ménages)</i>	14
9.2.2 <i>Décalage entre PEB, PGS (ou équivalents étrangers) et gêne déclarée ou révélée</i>	15
9.2.3 <i>Décalage entre le niveau des taxes bruit et le coût des dommages</i>	18
9.2.4 <i>Décalage entre l'insonorisation comme moyen d'améliorer les situations sonores habitantes et les ressentis de gêne</i>	19
10. REFLEXIONS ENGAGEES SUR DE NOUVEAUX INDICATEURS D'EFFETS ENVIRONNEMENTAUX ET TERRITORIAUX : PROPOSITIONS EMANANT DES SAVOIRS OFFICIELS	22
10.1 LES CRITIQUES ADRESSEES AUX INDICATEURS STANDARDS : TROP UNIFORMES POUR ETRE REPRESENTATIFS	22
10.1.1 <i>Gêne sonore individuelle versus gêne collective</i>	22
10.1.2 <i>Les effets du bruit et de la pollution atmosphérique sur la santé</i>	24
10.1.3 <i>Les impacts du bruit sur l'immobilier</i>	25
10.2 REFLEXIONS ENGAGEES PAR LES SAVOIRS OFFICIELS AUTOUR DE QUELQUES NOUVEAUX INDICATEURS	26
10.2.1 <i>Les indices acoustiques : nombre de survols et d'émergences sonores (cas d'applications : Sydney Kingsford Smith, Vienna International Airport, Zurich-Kloten et Bedford - USA)</i>	27
10.2.2 <i>Les indicateurs non-acoustiques : le pourcentage des personnes gênées, les troubles du sommeil, les consommations médicamenteuses et autres indicateurs de santé, les perturbations comportementales et les plaintes</i>	32

11. METHODES DE MESURE ET INDICATEURS D'EFFETS EMANANT DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES..... 37

11.1 LES DISPOSITIFS METHODOLOGIQUES ET INDICATEURS DE LA PSYCHOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SOCIOLOGIE URBAINE : INDICE DE QUALITE DE VIE, AMBIANCES SONORES ET EVALUATION PARTICIPATIVE.....	37
11.1.1 <i>Quelques types de méthodes et techniques disponibles.....</i>	37
11.1.2 <i>Des savoir-faire opérationnels : trois retours d'expériences évaluatives.....</i>	39
11.2 LES DISPOSITIFS METHODOLOGIQUES ET INDICATEURS DE LA GEOGRAPHIE SOCIALE : LA PRISE EN COMPTE DES INEGALITES SOCIALES ET DE L'ATTACHEMENT TERRITORIAL	41
11.3 LES DISPOSITIFS METHODOLOGIQUES ET INDICATEURS DE L'ECONOMIE DE L'ENVIRONNEMENT : LA COMPENSATION COMME APPLICATION DU PRINCIPE DE JUSTICE ENVIRONNEMENTALE.....	44
11.3.1 <i>La reconnaissance juridique de l'indemnisation individuelle : le cas de la Suisse</i>	45
11.3.2 <i>L'ancienneté résidentielle comme variable de justice environnementale.....</i>	46
11.3.3 <i>Le taux de ventes à perte comme indicateur d'effets immobiliers et comme clef de redistribution ?</i>	48
11.3.4 <i>L'ancienneté résidentielle comme indicateur et clef de compensation collective, au nom du développement durable.....</i>	49
11.3.5 <i>La valeur de l'année de vie comme clef et indicateur de mesure du coût des effets de la pollution atmosphérique sur la santé</i>	51

12. EN GUISE DE CONCLUSION INTERMEDIAIRE : VERS DES INDICATEURS DE DEVELOPPEMENT DURABLE ?..... 54

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
-----------------------------------	----

Partie 4

Vers des indicateurs de développement durable

Retours d'expériences aéroportuaires et savoirs disponibles

8. De l'utilité des indicateurs pour construire de nouvelles actions : entre stabilité et renouvellement

Même si, d'après les indicateurs officiels, le transport aérien améliore progressivement ses performances environnementales, les enquêtes et sondages d'opinion, les coalitions et mobilisations locales, les enregistrements de plaintes et chroniques environnementales... bref les multiples visages sociaux de l'environnement indiquent qu'il est aussi source de nuisances de plus en plus importantes. Au point que la capacité environnementale générale des aéroports est désormais une des contraintes majeures pour le développement des aéroports (Eurocontrol, 2001 ; Cordeau, Moulinié, 2004, p. 182).

Des progrès techniques, technologiques et organisationnels ont été accomplis. Mais la technologie ne peut apporter qu'une réponse progressive, au rythme de son introduction dans la flotte en service. En outre, il est dorénavant admis que de telles réponses ne pourront tout résoudre. « *La mobilité aérienne croît plus vite que ce que l'industrie actuellement produit et introduit comme avancées technologiques et opérationnelles réductrices des émissions à la source* » (Livre Blanc de la Commission Européenne, 2001, p. 6).

Certes, un cadre réglementaire de plus en plus important est en place aux niveaux international, européen et français. Surtout, s'ajoutent progressivement des engagements en matière de réduction des nuisances qui peuvent être pris au niveau local, sous la forme par exemple de chartes ou de contrat avec les territoires (*Community Based Agreement* en instance de réalisation autour de l'aéroport LAX de Los Angeles). Toutefois, encore très fréquemment, l'absence d'un cadre de référence valide et/ou reconnu (accord international, disposition légale, négociation territoriale localisée...) fait que les gestionnaires d'aéroports se sentent plus liés par une obligation de moyens que par une obligation de résultats (Scetauroute, 2005, p. 56).

Or, dans ce registre des moyens, indéniablement, les indicateurs focalisent à ce jour l'attention des acteurs en situation. Il est vrai que, dans tous les grands aéroports, les processus décisionnels sont annoncés comme de plus en plus territorialisés, avec pour mot d'ordre de créer des *Airport Environmental Communities*, parfois assises sur des comités ad hoc (d'abord dans quelques aéroports dont américains à la fin des années 1980), afin d'associer bien plus qu'auparavant les acteurs locaux et associatifs aux réflexions préalables, voire à la construction de l'action (Faburel, 2004). Chacune des polarités d'acteurs, anciennement ou nouvellement investies sur la question des effets, a construit, du fait des ses domaines de compétences et légitimités d'actions, des champs de connaissances et d'expériences différents (Faburel, 2003a).

Et, comme indiqué dans le Tome 1 de ce rapport, lors de l'exposé de la problématique et des objectifs du travail engagé ici, ces différences de connaissances et d'expériences des phénomènes en cause, qu'elles soient institutionnelles, territoriales, associatives ou scientifiques, sont à la base de tensions, voire d'oppositions entre acteurs sur les devenir aéroportuaires. Vraisemblablement parce que ces différents registres de savoirs ne sont pas encore reconnus respectivement et, dès lors, leurs compromis possibles ne sont pas intégrés dans les instruments de construction et de suivi de l'action publique et privée. C'est dans ce cadre que, parmi les instruments et procédures à ce jour en débat, les indicateurs déploient un potentiel fort intéressant, au point de fonder déjà beaucoup de réflexions voire d'initiatives aéroportuaires.

Dans sa définition même, tout indicateur est un hybride : il se positionne à l'interface de la production de rationalités et de l'exercice de la démocratie. Il traduit la rencontre entre un

certain état des connaissances (par les savoirs experts qui sont à la base des variables et outils de mesure qu'il mobilise) et la construction de l'action (par les objectifs politiques que, notamment, les seuils fixés grâce à lui donnent à voir).

Certes, historiquement, les indicateurs ont surtout servi, comme instrument de politique publique, à assurer la conception (amont) puis le suivi (aval) de normes environnementales. Et, ces dernières étant, comme nous allons le rappeler sous peu, à forte connotation technique, ces indicateurs (souvent issues des sciences physiques, chimiques et de l'ingénieur) incarnaient une forme d'objectivation, une rationalisation grâce à une ou deux disciplines scientifiques dès lors particulièrement agissante dans les référentiels et sphères de la décision (Faburel, 2005).

Toutefois, ces indicateurs voient, dans les domaines aériens et aéroportuaires comme dans d'autres, leurs fondements et utilités à ce jour sinon revisités, tout du moins discutés. Ceci se fait concomitamment dans leurs pré-supposés scientifiques (historiquement physicalistes et techniques) et politiques (historiquement centralisés, sectoriels et confinés), donc dans leur cohérence à la fois conceptuelle, opérationnelle et surtout socio-politique (Cloquell-Ballester et al., 2006).

Dans le cadre d'une construction de l'action qui se veut plus négociée avec les acteurs territoriaux et la société civile, et plus ouverte qu'auparavant aux effets tangibles des plates-formes et trafics sur les territoires, leur fonction socio-politique, donc stratégique, s'actualise progressivement.

Les indicateurs constituent ainsi dorénavant une épreuve qui, parce que dynamique et collaborative, fonde différemment la légitimité des actions auxquelles ils président, actions nouvellement mues par l'idée de compromis entre acteurs et intérêts divergents, au nom de l'acceptabilité sociale que commande l'horizon d'un développement se disant durable. Il est vrai que le « public » naît de la prise de conscience d'externalités négatives : il « *consiste en l'ensemble de ceux qui sont tellement affectés par les conséquences indirectes de transactions qu'il est jugé nécessaire de veiller systématiquement à ces conséquences.* » (Dewey, 2003, p. 63),

De produits de connaissances techniques importées du champ scientifique, les indicateurs s'affirment peu à peu comme des construits en situation sociale et politique. De marqueurs passifs de l'héritage de politiques régaliennes et marchandes qui s'en réclamaient, ils deviennent des traceurs actifs de négociations territoriales, fournissant : lors de leur élaboration dorénavant aussi socio-politique, un espace de débat entre acteurs multiples, et par leur conception scientifique, une base étendue de connaissances et d'analyses disciplinaires diverses, sur des effets environnementaux et territoriaux multiples et complexes.

Certes, « *la diversité des utilisateurs possibles, allant des experts au grand public en passant par les décideurs politiques et économiques, appellerait idéalement à concevoir des indicateurs qui répondent spécifiquement aux besoins et capacités de chacun d'entre eux.* » (Zaccaï et Bauler, 2000), en croisant alors au moins quatre critères (Kane, 1999) :

- l'échelle (*scale*) : un indicateur pour une commune n'est pas nécessairement pertinent pour un pays ;
- le public (*audience*) : les indicateurs pour le gestionnaire ne sont pas les mêmes que pour le grand public ;
- l'aspect de la soutenabilité du développement (*level of sustainability*) : il existe des indicateurs liés au social, à l'environnemental, à l'économique... ;

- l'endroit (*place*) : les indicateurs adaptés à un pays, une agglomération, par exemple, ne le sont pas forcément pour un autre.

Toutefois, du fait des enjeux démocratiques qui portent la notion de développement durable, “*the most influential, valid, and reliable social indicators are constructed not just through the efforts of technicians, but also through the vision and understanding of the other participants in the policy process. Influential indicators reflect socially shared meanings and policy purposes as well as respected technical methodology*” (Innes cite in Boulanger, 2004). Et, la concertation entre de nombreux acteurs ne sert alors pas seulement à s’arranger d’intérêts multiples mais aussi à dépasser une incertitude scientifique, une impossibilité évaluative, un horizon indépassable... (Funtozic, Ravetz, 1993 ; Giampietro, 1994).

Attestent de ces fonction et construction nouvelles, les quelques retours d’expériences en matière de mise en œuvre concertée de politiques de développement durable (ex : Agendas 21 locaux) : la construction concertée d’indicateurs partagés en constitue une étape certes difficile mais toujours essentielle, facteur d’implication des différents acteurs et d’élaboration patiente d’une construction collective plus acceptable. A l’échelle des aéroports, en témoigne la création il y a maintenant un an de l’*Amsterdam Group*, groupe de réflexion réunissant des aéroports internationaux, des agences d’objectifs, des universitaires et organisations associatives, qui situent les facteurs non-acoustiques du bruit comme variables d’aide à la décision, au premier chef la gêne et ses déterminants territoriaux, ainsi que le *Community Empowerment*.

Enfin, autre témoin de l’importance que revêt la dimension socio-politique des indicateurs, objets de beaucoup d’enjeux, certains vont même jusqu’à proposer en retour des « *indicateurs de processus institutionnel* », permettant de juger de la qualité de l’intégration des citoyens dans le débat par la mesure de la performance des organes consultatifs. Surtout, les propositions de méthodes d’apprentissage collectif se multiplient dans le registre du développement durable. Notre démarche de séminaire s’inspire d’ailleurs de l’une d’entre-elles (*learning-by-doing-dynamic*), tout en s’écartant de l’idée selon laquelle la prolifération du social puisse se saisir par un indicateur, aussi performatif soit-il.

De cette entrée en matière découle alors pour nous :

- le besoin remarqué de co-construire de nouveaux indicateurs à l’échelle de systèmes d’acteurs en croissance rapide, et/ou de compléter ceux à ce jour en vigueur ;
- co-construction qui, du fait des tensions que la question des effets environnementaux et territoriaux des trafics aériens et des fonctionnements aéroportuaires, positifs comme négatifs, peut alimenter, doit être plus ouvert à de tels effets (Tome 1),
- en complément des actuels indicateurs qui ne disent que peu à ce sujet et qui prévoient de moins en moins les réactions humaines et sociales (*infra*),
- sans contrevenir pour autant à l’opérationnalité qui fonde leur utilité : indicateurs d’état, de pression, d’impacts... (observation pérenne des phénomènes, suivi des mesures et des dynamiques...).

Apporter une pierre à cette édification est l’objet de ce Tome 2. Dans le prolongement des synthèses réalisées sur les états de la connaissance scientifique et de retours d’expériences aéroportuaires en la matière, ce deuxième tome du rapport livre au débat :

- quelques-uns des éclairages nécessaires sur ce que pourraient être de nouveaux indicateurs d'effets, ou, à tout le moins, qui orienteraient le propos vers leur prise en compte,
- en agrémentant, tant que possible, l'exposé de leurs méthodes et modalités de conception et de mise en œuvre (disciplines conviées, experts mobilisés, implication des différents acteurs...),
- tout ceci en vue d'amorcer et de nourrir les échanges entre acteurs.

Dans ce registre d'ouverture, et en écho aux demandes formulées par plusieurs acteurs lors de la tenue du premier séminaire en février 2006, nous relayerons aussi, mais de manière forcément cursive :

- des retours d'expériences aéroportuaires en la matière¹,
- et quelques-unes des réflexions circonstanciées en matière d'indicateurs de développement durable.

Le déroulé de ces différents objectifs structure ce Tome 2.

¹ Pour partie issus d'analyses menées dans le cadre d'une recherche en cours, intitulée *Aéroport, 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*. Travail de terrain dans 10 aéroports étrangers, auprès de 15-20 acteurs de ces situations. Collaboration réunissant des enseignants, chercheurs et étudiants (3^{ème} cycles) de 5 universités françaises, pour le compte du CNRS et d'ADP. Fin programmée : décembre 2006.

9. Limites des indicateurs officiels d'effets environnementaux et territoriaux des plates-formes

Faisant déjà l'objet d'une compétence indéniable de la part de l'ensemble des acteurs réunis dans le cadre de ce séminaire, nous n'opérerons dans ce mouvement qu'un bref rappel des notions clefs et des définitions des unités, indices et descripteurs à ce jour en vigueur dans le champ d'action qui nous occupe. Ce court exposé aidera à comprendre les spécificités et le caractère plus ou moins novateur des indicateurs que nous présenterons ensuite, tirés de la littérature scientifique et/ou de retours d'expériences aéroportuaires.

9.1 Présentation des indicateurs officiels

9.1.1 Les indicateurs de bruit

Le décibel est l'unité universelle de mesure du son². La pondération A qui lui est le plus souvent associée correspond à une pondération des fréquences en fonction de la sensation auditive qu'elles provoquent, l'oreille étant plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves. Mais, pour les avions, le PNdB (*Perceived Noise Decibel*) est aussi utilisé en France. Il pondère différemment les fréquences en fonction de la sensibilité auditive aux bruits des avions. Il est vrai que « *l'usage du dB(A) minimisera l'impact du bruit du fait du filtrage des fréquences graves par la pondération A, fréquences qui deviennent prépondérantes à longue distance et qui sont très bien perçues par les personnes âgées, en général (...). Les conséquences de l'adoption du dB(A) risquent d'apparaître dans la planification urbaine, gérée par les PEB* » (Vallet, 1996, p. 22). Les basses fréquences sont plus problématiques en termes d'isolation phonique (AFSSE, 2004), et ont déjà fait l'objet de travaux d'analyse conséquents aux Etats-Unis, à proximité de plusieurs aéroports (Minneapolis St-Paul, San Francisco International... Faburel, 2003b).

Passant de l'unité à l'indice de mesure, donc considérant le temps d'exposition, les acteurs des mondes aérien et aéroportuaire distinguent généralement dans leurs observations : les descripteurs d'évènements individuels et des modèles de cumul des sons.

Concernant le premier, de nouveau, plusieurs possibilités existent. Soit on retient un niveau de crête (lorsque le son est à son maximum), et alors on utilisera par exemple le Lmax (*Maximum Noise Level*) ou, pour le bruit des avions, le PNL max (niveau maximum de la crête en PNdB). Soit on considère le niveau représentatif de la « dose de bruit » pendant le passage d'avion, et alors on peut choisir entre :

- le SEL (*sound exposure level*) qui est le niveau constant en dB(A) pendant 1 seconde véhiculant la même énergie que le niveau réel fluctuant sur la durée (le SEL est typiquement utilisé pour comparer des évènements sonores de durée et d'intensité variables) ;
- le Laeq (*Equivalent Sound Level*) 1 s (ou Lamax) qui mesure le niveau constant en dB(A) pendant une durée t véhiculant la même énergie que le niveau réel fluctuant sur cette période (pondération par la moyenne de la période de temps donnée) ;

² Comme repères : le plus petit changement audible pour les bruits d'environnement correspond à 1 dB ; l'échelle de mesure des décibels est non pas linéaire mais logarithmique (une variation de 3 dB indique une multiplication ou une division par 2 de la puissance acoustique mesurée) ; une discussion normale à 1 m = 55-60 dB.

- l'EPNdB (*Effective Perceived Noise Decibels*) : niveau, exprimé en PNdB, prenant en compte la durée pendant laquelle le niveau de bruit est supérieur à 10 dB. L'EPNdB est l'unité de base pour la certification des avions à réaction et se caractérise par une forte pondération des fréquences moyennes à élevées.

Les modèles de cumul prennent généralement en compte les phénomènes sonores sur la base d'une moyenne pendant une période de temps particulière, dite période d'intégration - souvent quotidienne, mais aussi de plus en plus annuelle pour le bruit des avions, du fait des plafonnements sonores en vigueur dans certains aéroports, dont Amsterdam, Denver, Orly ou Roissy... Ce sont ces indices cumulés qui, en devenant indicateurs pour l'action publique, soutiennent partout dans le monde l'ensemble de l'appareillage réglementaire : fixation de seuils légaux et suivi des phénomènes sonores, tracé des courbes isophoniques à l'intérieur desquelles sont appliquées les mesures de protection (aide à l'insonorisation, prescription d'urbanisme...), fixation des montants de taxes...

Le Laeq 6 heures – 22 heures et 22 h – 6 h, a longtemps été en France l'indicateur de référence pour l'observation cumulée des phénomènes sonores routiers et ferroviaires. Concernant le bruit des avions, et ce comme pour le bruit des autres modes de transport, il a longtemps existé plusieurs indicateurs de cumul, selon les pays considérés (Noise Exposure Forecast, Noise and Number Index, Day Night Sound level, Indice Psophique...). En France, l'Indice psophique (IP) a longtemps été utilisé. Il est calculé non seulement à partir d'un modèle de niveaux moyens des crêtes exprimés en PNdB mais intègre aussi le trafic journalier (sens des mouvements, type d'appareil...) dont la partie nocturne (22-6 h) est affectée d'une pondération de facteur 10 de façon à mieux retranscrire le caractère dérangeant des émissions pendant cette période.

Toutefois, ces seules moyennes peuvent apparaître non pleinement satisfaisantes au regard de la nature des phénomènes qu'elles cherchent à illustrer. Nous y reviendrons largement. L'idée d'utiliser d'autres indicateurs, exprimant peut-être mieux les ressentis variables (cf. Chapitre 2. du Tome 1) a donc assez tôt alimenté les débats, en France comme ailleurs. C'est ainsi que, bien que moyenne, le Laeq a parfois aussi été utilisé pour qualifier des événements sonores de courte durée, événements entraînant des variations d'exposition au bruit routier ou ferroviaire. « *Pour estimer l'importance de cette modification, on choisit d'abord une période temporelle caractéristique sur laquelle on mesure le Laeq ambiant en présence du bruit perturbateur puis le Laeq résiduel en l'absence de celui-ci. L'émergence est donnée par la différence entre les valeurs relevées. La réglementation considère comme tolérable une émergence de 5dB durant le jour et de 3 dB pour la nuit (décret n°95-408 du 18 avril 1995).* » (AFSSE 2004, p. 215).

En outre, l'idée selon laquelle les moyennes ne permettent pas de livrer fidèlement la variabilité des ressentis selon les différentes périodes de la journée a notamment trouvé traduction dans l'arsenal réglementaire. Le Lden (*Level Day, Evening, Night*), porté par la directive européenne de juin 2002 sur les bruits d'environnement, s'inscrit dans cette logique de mieux faire correspondre les indicateurs officiels de suivi d'émission et d'exposition avec les ressentis, sans pour autant être pleinement un indicateur d'effet. En effet, fruit de la psychoacoustique (Chapitre 2., *op. cit.*), cet indicateur de cumul est lui aussi conçu à partir de moyennes, mais permet de commencer à prendre en compte le ressenti différencié du bruit en fonction de l'heure à laquelle il est reçu, en affectant des pondérations négatives pour les périodes de soirée et de nuit. Même si les périodes d'intégration diffèrent, et que d'ailleurs leur définition a fait l'objet de longs débats entre experts acousticiens et psychoacousticiens de la Commission Européenne, il est très voisin

du DNL américain, d'assez longue date en vigueur aux Etats-Unis (*Federal Noise Abatement Policy* de 1976 et *Airport Noise and Capacity Act* de 1991, in Faburel, 2003b).

9.1.2 Les indicateurs de qualité de l'air

Les indicateurs officiels de qualité de l'air ont pour particularité première d'être sinon intégrés tout du moins agrégés, à partir de chacune des unités caractérisant la présence des grands polluants dans l'atmosphère des villes. L'intégration prend la forme d'un indice pondéré de qualité de l'air (en Ile-de-France l'indice ATMO), qui articule a priori les données de suivi des émissions liées aux circulations aériennes : d'oxydes d'azote (Nox), particulièrement son dioxyde (NO₂) ; l'ozone (O₃) ; ainsi que de Composé Organiques Volatiles (COV), de particules (PM) ; de dioxyde de soufre (SO₂) et de monoxyde de carbone (CO).

Mais, comme indiqué précédemment (cf. Chapitre 4. Tome 1), toute la difficulté réside ici dans le fait qu'il n'existe pas a priori de traceur spécifique de la pollution de l'air due aux trafics aériens, en raison de :

- l'influence forte du fonctionnement des agglomérations sur la qualité de l'air, notamment en termes de Nox (NO₂) - dont les niveaux sont, de façon chronique, préoccupants en agglomération parisienne au regard de l'objectif annuel de qualité de l'air (Airparif, 2003) ;
- et de la composition des pourtours aéroportuaires, avec leur densité d'infrastructures routières et parfois de zones industrielles.

En fait, à part le benzène (dérivé de la combustion du kérosène), mais qui ne fait pas l'objet d'un suivi dédié du fait de sa volatilité (COV), tous les polluants mentionnés sont aussi des marqueurs des émissions des trafics routiers.

La pollution atmosphérique (Nox, COV, CO et SO₂) liée aux fonctionnement d'Orly et de Roissy CDG : plus de Nox (Airparif, 2003 et 2004)

Cependant, comme indiqué dans le Chapitre 4. du Tome 1, pour le cas d'Orly: la zone limitrophe au Nord-Ouest de la plate-forme (sur les communes de Wissous et Rungis) présente par exemple des concentrations de dioxyde d'azote environ 15 % supérieures aux niveaux relevés ailleurs à proximité de la plate-forme (Airparif, 2004) .

Et, pour le cas de Roissy CDG, les activités émettrices sur la plate-forme peuvent avoir un impact ponctuel pouvant s'élever jusqu'à 60 % de la concentration horaire de dioxyde d'azote mis en évidence sur le site implanté au plus près du cœur de la plate-forme (environ 300 m de son emprise). De plus, l'influence de l'ensemble des activités aéroportuaires a conduit à observer en zone rurale de la périphérie Nord-Est de Roissy-CDG des niveaux horaires qui peuvent ponctuellement être de 40 % supérieurs à ceux observés au vent de la plate-forme (20 % pour l'impact annuel) et environ 20 % supérieurs à ceux observés simultanément dans le centre de Paris. Plus généralement, l'impact aéroportuaire a également été mis en évidence pour le monoxyde d'azote et le monoxyde de carbone, malgré les faibles niveaux observés lors de la campagne. Cependant, l'emprise géographique d'un impact aéroportuaire significatif semble ne pas dépasser les 4 km au-delà du périmètre de la plate-forme (Airparif, 2003).

Ainsi, malgré des limites qui renvoient à la difficile imputabilité des polluants aux sources, comparativement, les indicateurs de bruit, eux-mêmes intégrés (mais en moyenne), n'offrent pas en théorie la même possibilité de discernement sur la composition multiple des sources sonores. Par ailleurs, autre différence notable avec le cas du bruit, ces indicateurs de qualité de l'air ne sont généralement pas, dans leur conception et leur application, du ressort des autorités aéroportuaires, ou encore du ministère de tutelle. Seuls quelques aéroports ont développé leur propre réseau de surveillance (Athènes, Hambourg, Sydney...). La troisième grande différence avec le bruit est que le suivi, par les indicateurs, de ces polluants est assuré par une métrologie qui, en Ile-de-France notamment, est en fonctionnement d'assez longue date (début des années 1980) et qui a connu des améliorations successives et régulières (pour notamment, à la suite de la Loi sur l'Air et l'Usage Rationnel de l'Energie de 1996 mieux coller à la pollution de fond). Les stations de surveillance couvrent de larges parties de l'agglomération francilienne, y compris les pourtours aéroportuaires, là où concernant le bruit, les réseaux sonométriques ont longtemps été composés d'un nombre de points assez limité, en comparaison aussi d'autres aéroports (Amsterdam Schiphol, Chicago O'Hare, Minneapolis St-Paul, Sydney Kingsford Smith...).

Mais, il existe aussi deux ressemblances majeures, présentes partout à travers le monde, avec les indicateurs de bruit :

- cette métrologie assure la veille des émissions qui, même si elle s'ouvre aux expositions (cf. travaux d'Airparif), ne donne pas lieu à des évaluations, et donc à des indicateurs d'effets (sanitaires par exemple, nous y reviendrons) ; de tels effets n'entrent pas dans le champ de compétences de l'organisme responsable de cette veille ;
- ainsi mesurés, ces seuls niveaux d'émission et d'exposition servent de justification à l'enclenchement de mesures proposées par les textes de loi (ex : limitation des vitesses de circulation) et soutiennent grandement les réflexions menées par les pouvoirs publics, bien plus que la question des effets.

Bref, ces informations soutiennent ici aussi la facture là aussi assez normative de l'arsenal réglementaire, comme en atteste 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. Cet IPP vise à homogénéiser la prise en compte des effets sur la santé de la pollution atmosphérique. Il est égal au produit de la concentration en polluant pour une population riveraine donnée. L'IPP est calculé à partir d'un modèle local de dispersion des polluants dans l'atmosphère et pour chaque type de polluant (Ministère de l'Ecologie, 2005, p. 3).

Concernant maintenant les autres domaines d'effets, négatifs comme positifs, évoqués dans le Tome 1 de ce rapport, il n'existe pas d'indicateurs officiels, au sens donné dans l'introduction de ce document (Chapitre 8.), et ce que nous considérons les effets sur la santé ou le nombre d'emplois proposés par la plate-forme, pour prendre deux exemples suffisamment distincts par nature.

En fait, pour qu'il existe des indicateurs officiels, dont le mode de reconnaissance demeure réglementaire, il faut que des normes aient été fixées, non moins par voie légale. Ceci est le propre du champ de l'environnement, et non des impacts sociaux au rang desquels figure l'offre d'emplois, ou territoriaux, avec ici pour exemple les effets sur l'immobilier.

En outre, les normes environnementales étant strictement centrées sur les émissions, alors les indicateurs en vigueur sont quasi-exclusivement appliqués aux émissions. Ici, émissions sonores et de polluants atmosphériques composent l'essentiel du référentiel des indicateurs officiels, avec toutefois une ouverture progressive vers les expositions, du fait soit d'injonctions réglementaires (ex : Directive européenne de juin 2002 qui impose des cartographies d'exposition sonore pour construire des plans d'action), soit de la nature même des phénomènes en cause (la large diffusion des polluants atmosphériques et les réactions physico-chimiques auxquelles elle donne lieu). Dès lors, seuls des écrits scientifiques ou opérationnels tentent de convertir les données livrées par ces indicateurs d'émissions, et parfois d'expositions, en types et amplitudes d'effets.

Pour les domaines autres qu'environnementaux, nous trouvons dans les discours officiels :

- soit des points de vue insistant sur les incertitudes des produits scientifiques pour envisager élaborer normes et indicateurs (effets sur la santé des charges environnementales, coûts sociaux...);
- soit des indications d'ordre opérationnelles, tirées d'études empiriques, sur les effets territoriaux (ex : catégorisation des emplois par l'*Airport Council International*, cf. Chapitre 5. Tome 1).

9.2 Des indicateurs (et connaissances) officiels encore très a-territoriaux : les limites de la seule uniformisation par des indicateurs d'émissions

Plusieurs travaux ont pu montrer ces dernières années, notamment par la confrontation des courbes isophoniques définies autour des aéroports, que de tels indicateurs d'émissions (parfois convertis en expositions par croisement avec des données de population) ne permettaient pas de représenter fidèlement les effets, quant à eux en voie d'évaluation : nuisances ressenties, gênes déclarées, plaintes émises, dynamiques résidentielles, coûts des dommages sanitaires...

Il est vrai qu'il y a une probabilité limitée que de faibles corrélations doses sonores – effets (Chapitre 2., 3. 6. et 7. Tome 1) puissent fonder de manière pertinente les indicateurs officiels qui, alors même que ces derniers se réclament des effets dans leur justification et sont, de ce fait, devenus outils de l'action publique (ex : Plan d'Exposition au Bruit ou Plan de Gêne Sonore pour le cas du bruit).

Nous ne relayerons que ici que quatre exemples. Centrés sur le bruit, du fait là aussi de sa nature plus localisée donc de son observation stricte a priori plus circonscrite, ces exemples questionnent la pertinence socio-environnementale de plusieurs mesures en vigueur : Lden, Plan de Gêne Sonore, TNSA (taxe bruit pesant sur les mouvements) et l'insonorisation.

Les autres charges environnementales et effets potentiellement induits ne font pas l'objet d'une telle mise en lumière, non pas parce qu'ils n'existeraient pas mais parce que les connaissances en matière de dommages et/ou l'incertitude qui accompagne de telles évaluations ne permettent pas encore de se livrer à une telle confrontation.

9.2.1 Décalage entre les indicateurs officiels de bruit, et la gêne ressentie ou ses manifestations territoriales (choix résidentiels des ménages)

Un sondage conduit entre 2001 et 2003 auprès de 3 000 personnes habitant 57 localités entourant l'aéroport de Zurich-Kloten, complété d'une expérience 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 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 Lden. 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 : cet indicateur n'introduit pas de pondération négative pour la période du matin, considérant alors les émissions sonores de cette période aussi gênantes que celles de la journée.

Une gêne sonore surtout ressentie le soir (SOFRES pour ACNUSA, 2005)

Toutefois, les résultats du sondage téléphonique mené par la SOFRES pour l'ACNUSA en 2004 auprès de 1 000 personnes, riveraines de Strasbourg - Entzheim, Toulouse - Blagnac, Lyon - St-Exupéry et Roissy CDG (400 personnes), et habitant à proximité d'une station de mesure, stipulent que plus de 50 % des gênes sonores moyennes et importantes déclarées sont associées par les riverains enquêtés aux événements sonores de soirée.

En outre, le travail mené sur les dépréciations immobilières autour d'Orly (Chapitre 6. Tome 1), indique qu'un autre effet ne serait que partiellement relié aux phénomènes sonores, ici intégrés par l'indice - non moins réglementaire - Laeq.

Les dépréciations immobilières augmentent autour d'Orly alors que le bruit demeure globalement stable (Faburel, Maleyre et Peixoto, 2004)

Outre les données produites à partir de l'analyse des déterminants des prix de 688 biens immobiliers (non multi-exposés) - décote immobilière ; dévalorisation du capital immobilier par logement ; CàP annuel par ménage (Chapitre 6. Tome 1) - une augmentation de la dépréciation a été mesurée, grâce à la segmentation des bases de valeurs immobilières en plusieurs périodes significatives.

Le NDI augmente entre 1995 et 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, mesurées en Laeq, sont demeurées, selon les informations officielles, stables du fait du plafonnement des créneaux.

Ceci correspond à une perte nette de capital immobilier pour tout ménage « moyen » ayant acheté un logement entre 1995 et 2000 à Valenton, Villeneuve-le-Roi ou Villeneuve-St-Georges, puis revendu entre 2001 et 2003, de l'ordre de 3 200 euros, par rapport à une opération similaire à Boissy-Saint-Léger.

L'analyse spatiale de l'évolution des valeurs immobilières permet ainsi de révéler le poids que recouvre de plus en plus la sensibilité sonore des populations et de ses facteurs non acoustiques dans les évolutions territoriales. Et, la seule prise en compte de la « dose » par les indicateurs en vigueur, voire peut-être la seule lutte contre l'exposition sonore ne peuvent seules restaurer la valeur vénale des biens immobiliers, ni améliorer l'image résidentielle de certaines communes.

Citons ici le travail mené par McMillen (2004), portant sur l'efficacité environnementale et sociale de la seule diminution des expositions sonores à partir du cas de Chicago O'hare. Il insiste toutefois sur l'augmentation de la valeur nette cumulée des logements situés initialement dans la zone d'exposition (DNL 65, seuil légal défini par la FAA). Cette dernière ayant rétrécie depuis 1997 grâce à une meilleure configuration des pistes, et une utilisation d'aéronefs moins bruyants, l'auteur en déduit que les logements de l'aire aéroportuaire pourraient voir cette valeur augmenter de plus de 280 millions de dollars à brève échéance. Mais, travail de simple prospective, il relativise lui-même son propos en fin d'article : "*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*" (McMillen, 2004, p. 639).

Enfin, une analyse secondaire d'enquête de gêne sonore déclarée et des facteurs qui l'expliquent indique la difficile prévisibilité de la mobilité résidentielle des ménages à partir des seules informations acoustiques (ici, Lmax), le ressenti de gêne jouant un rôle supérieur, donc livrant des informations essentielles sur les conséquences territoriales envisageables de cette mobilité.

La gêne comme premier facteur d'ambition de déménagement, avant les charges sonores (Faburel et Maleyre, 2002a)

Les résultats statistiques (AFC) d'une analyse secondaire de l'enquête de gêne et de consentements à payer menée autour d'Orly en 1998-1999 (Faburel, 2001) Chapitre 2. Tome 1 indiquent que les intentions de déménager des ménages en situation d'exposition sont non seulement anormalement élevées (en comparaison des données moyennes du département et de l'Ile-de-France) mais surtout bien plus corrélées à la sensibilité et à la gêne ressentie qu'aux intensités de décibels, et ce indépendamment de l'état d'insonorisation des logements (*infra*).

9.2.2 Décalage entre PEB, PGS (ou équivalents étrangers) et gêne déclarée ou révélée

Une méthode d'analyse spatiale des nuisances et de la gêne sonores liées aux bruits des transports a notamment été utilisée par B. Charlier (Charlier, 2002). Nous l'avons déjà évoquée dans le Chapitre 2. du Tome 1. Il prend pour exemple des communes de l'agglomération de Pau concernées à la fois par des expositions sonores dues aux transports terrestres (voies ferrées, autoroutes, routes nationales, départementales et communales qui ont fait l'objet d'un classement sonore) et au transport aérien (mouvement commerciaux, non commerciaux, avions militaires et hélicoptères militaires, aviation de loisir). Et, grâce à un Système d'Informations Géographiques composant avec des données de recensement de l'INSEE (IRIS, 2000), il a élaboré trois zones différentes de gêne.

Or, comme déjà indiqué concernant les nuisances sonores et la gêne dues au bruit des trafics aériens, la répartition des zones de la gêne déclarée³ ne correspond pas à la

³ Zones où les manifestations d'une gêne due au bruit ont effectivement été observées, notamment grâce à la localisation des émetteurs de plaintes.

répartition des zones de « gêne potentielle »⁴. Ce n'est donc pas au plus près des installations aéroportuaires que la gêne déclarée est la plus importante.

Ceci a aussi été montré, par une méthode d'analyse voisine, pour le cas d'Orly, grâce à l'usage d'un Système d'Informations Géographiques (Mapinfo) appliqué à des données de gêne déclarées.

Différences entre la gêne officielle et la gêne déclarée (Faburel et Mouly, 2003)

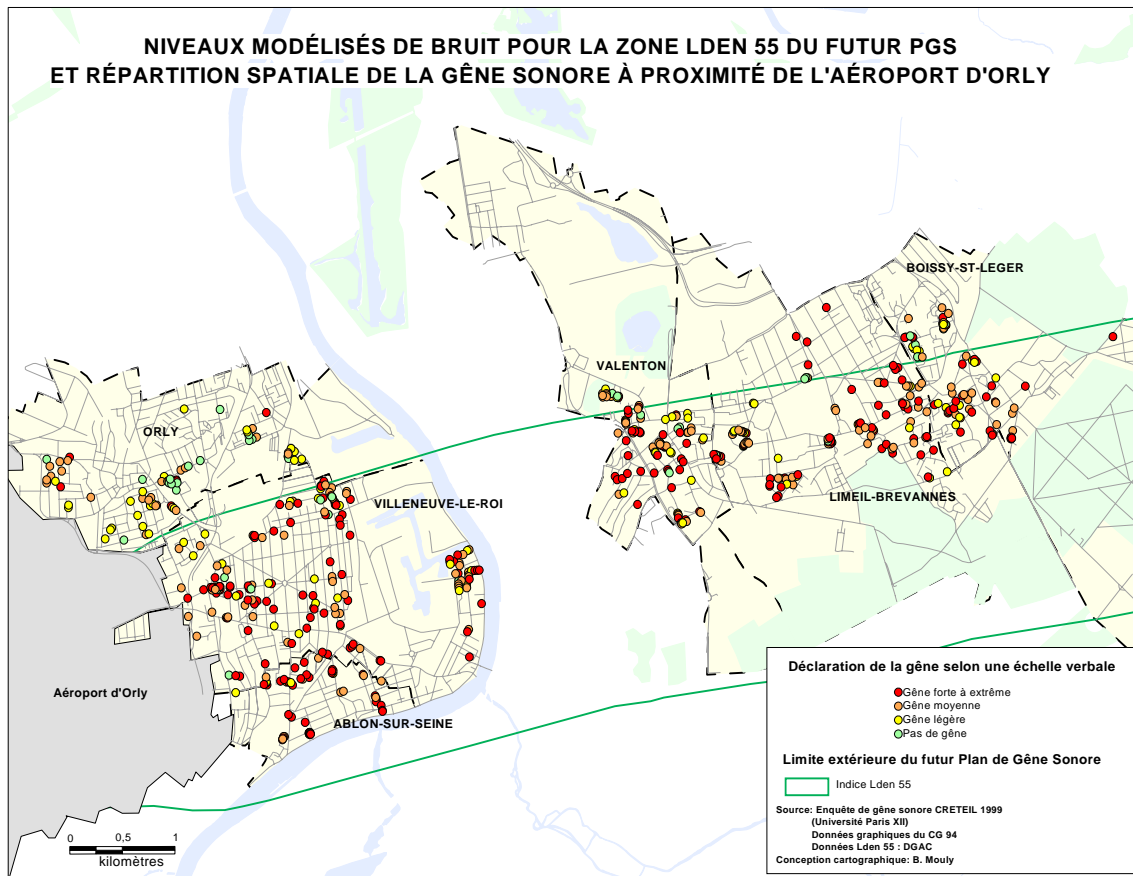
Suite à l'enquête de gêne et de consentements à payer menée en 1998-1999 dans 6 communes du Val-de-marne exposées au bruit des avions (Chapitre 2. Tome 1), les données acoustiques qui avaient servi lors de l'enquête, le PGS de 1994, la limite extérieure à Lden 55 (source : DGAC) ont été numérisées pour être confrontées aux réponses d'enquête, quant à elles géocodées. Ces différentes informations ainsi que d'autres sources statistiques ont fait l'objet d'une application SIG (Mapinfo).

Le premier résultat qui ressort est qu'il existe un décalage important entre les espaces d'exposition sonore délimités par le PGS de 1994 et les territoires dessinés par la gêne déclarée. En fait, près de 60 % de l'échantillon se disant de moyennement à extrêmement gênés habitent en dehors du PGS de 1994, dont 38 % se déclarant de beaucoup à extrêmement dérangés. Ces ménages ne peuvent donc prétendre à l'aide à l'insonorisation proposée par ce dispositif.

Rapporté à la population mère, la gêne sonore potentiellement induite par les trafics aériens concernerait 70 000 Val-de-Marnais lorsque que le PGS n'en considérerait que 26 000 comme éligibles à l'aide à l'insonorisation. Outre le décalage pointé entre périmètres de gêne officielle (PGS 1994) et de gêne déclarée lors de l'enquête, la carte qui suit permet de confronter ces données d'enquêtes avec le zonage défini par une limite extérieure du PGS à Lden 55.

Sur les six communes de l'enquête, de 60 % des populations se déclarant a minima moyennement gênées, et extérieures au PGS de 1994 (*supra*), nous passons à 17 % en dehors du périmètre dessiné par le Lden 55. Et, sur ce pourcentage, seuls 2 % des personnes se déclaraient lors de l'enquête de 1998 et 1999 de beaucoup à extrêmement gênées, contre 38 des 60 % pour le PGS.

⁴ Zones dans lesquelles toutes les conditions officielles d'apparition d'une gêne due au bruit sont en théorie réunies (périmètres légaux de contraintes à l'urbanisme, ou PEB).



Il est vrai que, en tout premier lieu, concernant les seuls 30 % explicatifs de l'« équation de la gêne » par l'acoustique (Chapitre 2., Tome 1), le bruit ne s'arrête pas à la limite du PGS. C'est ce que montre une étude réalisée par Acouphen Environnement à la demande du Conseil Général du Val de Marne et l'ODES (Observatoire Départemental de l'Environnement Sonore) autour d'Orly.

Les intensités sonores ne déclinent que d'1 dB(A) au maximum par centaine de mètres au delà de la limite extérieure du PGS (Acouphen pour ODES, 2004)

Dans le cadre de l'élaboration du nouveau projet de PGS de l'aéroport d'Orly, le CG du Val de Marne et l'ODES ont souhaité analyser en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés (communes, associations, ADP,...), les éventuelles imperfections de la limite acoustique extérieure de ce PGS. Il s'agissait de déterminer la décroissance des niveaux sonores à l'extérieur de la limite de la zone 3, afin d'en déduire quelques éléments concrets permettant d'alimenter le débat relatif à la pertinence de cette limite, au niveau local ou de manière plus générale.

L'étude a consisté en la réalisation d'une campagne de mesures « sur le terrain », ciblées autour dans une bande d'environ 400 m à l'extérieur de la limite du projet de PGS. Les mesures ont été réalisées d'abord en phase atterrissage (en janvier-février 2004), puis en phase décollage (en avril-mai 2004), sur 10 « transects » de 5 points de mesure simultanés, répartis sur 10 communes val de marnaises, qui devaient constituer un maillage de points de mesures le plus pertinent possible pour caractériser les éventuelles imperfections du

projet de PGS. La méthode de mesure est fondée sur la méthode normalisée des Laeq courts (cf. 9.1.1).

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence une décroissance sonore quantifiable à proximité de la limite extérieure du projet de PGS. Les valeurs les plus pertinentes compte tenu de l'objectif spécifique visé ici, sont les « LAeq particuliers » produits par les survols des avions. Cet indicateur traduit la quantité globale d'énergie sonore perçue en chaque point, due aux passages cumulés d'une soixantaine d'avions. Il ne permet pas d'établir une relation avec la dose globale de bruit reçue pendant une période donnée, et n'est donc pas corrélé à l'indicateur Lden retenu pour l'établissement des PGS.

Les résultats de cette étude montrent que les niveaux d'exposition sonore due aux trafics aériens décroissent faiblement avec la distance à proximité de la limite extérieure du projet de PGS : cette décroissance peut globalement être évaluée entre 0,5 et 1 dB(A) au maximum, par centaine de mètres au delà de cette limite.

D'ailleurs, Sharp (2005), concernant Amsterdam Schiphol, souligne que les cartes qui représentent les contours de bruit à partir d'un autre indicateur (le N65) impliquent, pour l'action, que la gêne n'existe pas hors des limites. Les niveaux d'exposition y sont jugés comme non significatifs. Pourtant, comme il le relate, autour d'Amsterdam Schiphol, de nombreuses plaintes proviennent par exemple de ces espaces non considérés comme impactés. Cette approche est qualifiée d'exclusive par Sharp, puisque les gens qui résident hors des limites prises en compte se sentent exclus, ce qui selon lui contribue à l'augmentation des plaintes et au renforcement des conflits.

9.2.3 Décalage entre le niveau des taxes bruit et le coût des dommages

Au titre des décalages entre les effets potentiels ou mesurés empiriquement et les dispositifs d'action reposant sur les indicateurs officiels d'émissions ou d'exposition, des travaux néerlandais, britanniques et français montrent des différences notables entre ce que rapporte au nom du principe pollueur-payeur la taxe bruit (révisée en France en TNSA) qui 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) et le coût des dommages :

- soit approché à partir du seul coût des isolations phoniques nécessaires dans les seuls périmètres (acoustiques) d'aide à l'insonorisation (Londres : Pearce & Pearce, 2000),
- soit à partir de la mesure empirique des dépréciations immobilières imputables au bruit des avions (Pays-Bas : Morrell et Lu, 2000 ; Lu et Morrell, 2001) – méthode des prix hédoniques (cf. Chapitre 7. Tome 1)
- soit à partir du coût marginal de la gêne sonore évaluée par enquête auprès de la population (France : Faburel 2001 et 2002) – méthode d'évaluation contingente (cf. Chapitre 7., Tome 1).

Dans les trois cas, les montants de ces taxes apparaissent bien inférieurs à ce que la prise en compte des coûts sociaux aurait pu conduire à fixer comme base de calcul. Bien que Amsterdam Schiphol soit l'un des aéroports qui applique des montants parmi les plus élevés au monde (Château-Thierry et Rallo, 1998 ; Morrell et Lu, *op. cit.*), la prise en

compte des dépréciations immobilières imputables au bruit des avions comme base y fait par exemple apparaître un décalage important avec les montants de taxes existantes : lorsque le coût par avion se situe entre 400 et 900 Euros selon la catégorie acoustique de l'aéronef (pour comparaison : 330 Euros pour un avion gros porteur décollant la nuit à Roissy en 2005), la taxe appliquée aux mouvements y est en moyenne de 157 Euros. Ceci incite ces mêmes auteurs à préconiser une augmentation des tarifs passagers de l'ordre de 0,4 à 4 % selon les avions considérés pour réellement couvrir les coûts sociaux du bruit (Lu et Morrell, op. cit., p. 393). 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.

Différence entre le produit de TNSA à l'échelle française et le coût social de la gêne due au bruit des avions (Faburel, 2002, actualisé 2005)

Le coût social annuel global du bruit des avions sur la santé tiré de l'évaluation contingente dont les résultats ont été livrés précédemment (Chapitre 7. Tome 1) est de l'ordre de 13 millions d'Euros 2004 autour d'Orly et de près de 90 millions d'Euros pour la France entière, soit 7 fois le produit de la TNSA, et 3 fois le budget prévisionnel annoncé par la DGAC (ACNUSA, 2005).

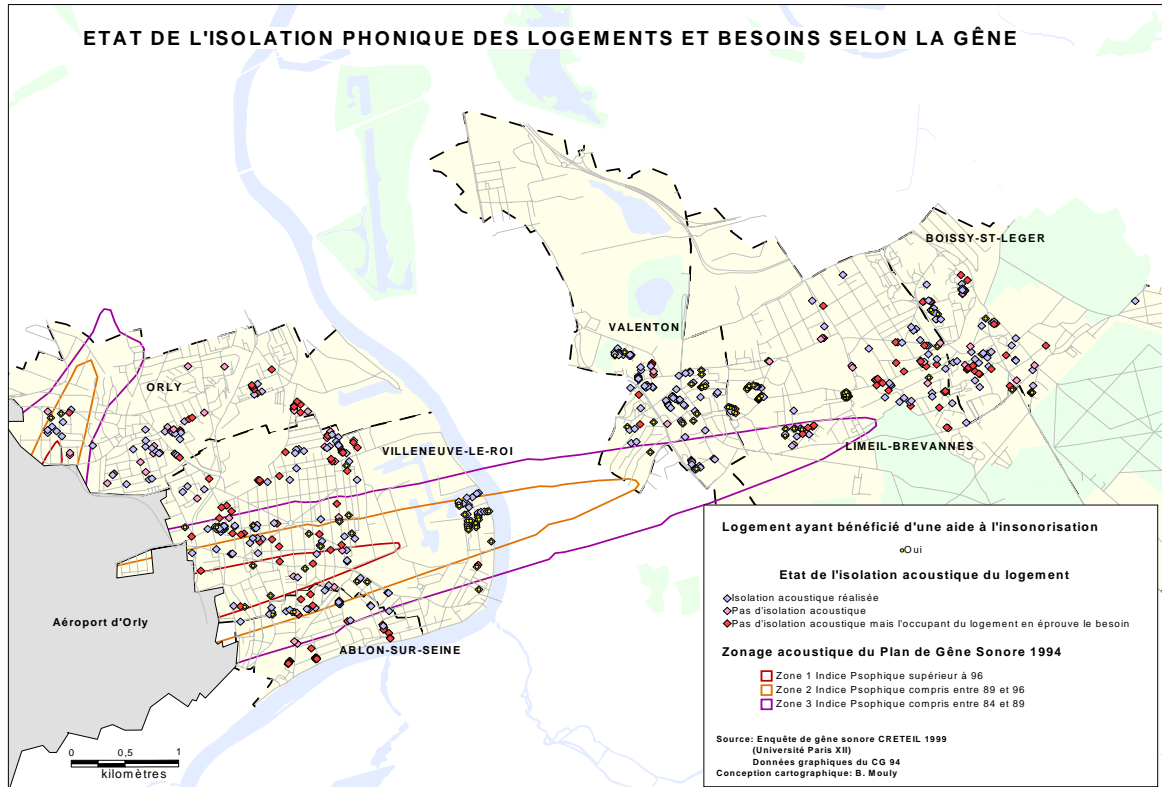
Ces taxes bruit, dont nous venons de voir que les produits sont bien inférieurs au coût des dommages, servent à financer l'aide à l'insonorisation, en France comme ailleurs.

9.2.4 Décalage entre l'insonorisation comme moyen d'améliorer les situations sonores habitantes et les ressentis de gêne

Une insonorisation qui ne réduit pas la gêne en proportion, à Roissy et Orly (SOFRES pour ACNUSA, 2005 ; Faburel et Mouly, 2003)

Le sondage mené par la SOFRES pour l'ACNUSA en 2004 auprès de 1 000 personnes, dont 400 autour de Roissy CDG (*supra*), 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.

Par ailleurs, si l'on compare, par géocodage et traitement SIG le nombre et la distribution spatiale des personnes se disant gênées avec l'état déclaré d'isolation sonore de leurs logements - enquête de gêne et de consentement à payer (1998-1999) déjà mentionnée à plusieurs reprises (607 personnes dans 6 communes du Val-de-marne exposées au bruit des avions) - force est d'admettre que l'insonorisation, autre mesure fondée sur l'acoustique et sa maîtrise technique, ne saurait être une réponse définitive aux situations de nuisances sonores. En fait, plus de 36 % des personnes habitant un logement insonorisé ont déclaré une gêne forte voire extrême, et cette donnée monte à 50 % si l'on tient compte des déclarations de gêne moyenne. La carte qui suit montre que « *l'isolation phonique ne réduit pas automatiquement et surtout pas en proportion égale des gains acoustiques la gêne déclarée à l'intérieur des logements* ».



Et, ce n'est ici de nouveau que confirmation de ce que nous savons d'assez longue date. Suite à des travaux d'enquête menés au Japon, en Australie, en Nouvelle Zélande ou encore aux Etats-Unis, il est admis que l'isolation phonique ne réduit pas automatiquement et surtout en proportion égale des gains acoustiques la gêne déclarée à l'intérieur des logements. Ceci a fait l'objet de communications très régulières aux congrès *Internoise* depuis 10 ans. Par exemple, "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).

Au final, nous retiendrons à ce stade que les indicateurs officiels d'environnement concernant les trafics aériens et les fonctionnements aéroportuaires :

- sont peu nombreux, et caractérisent quasi-exclusivement les émissions sonores, et l'exposition aux polluants atmosphériques, mais liés aux transports en général,
- en outre, bien qu'en passe de s'ouvrir à la question de l'exposition, notamment par les injonctions réglementaires internationales et initiatives cartographiques aéroportuaires (ex : couplage trajectographie, modèles d'émissions et occupation des sols), ils continuent de se détourner des effets pour certains scientifiquement démontrés,
- donc n'opèrent pas de suivi du bien-être, de la santé, des valeurs immobilières, de la mobilité résidentielle... dans les pourtours aéroportuaires,

C'est certainement la raison première pour laquelle ce qu'ils livrent ne coïncide que peu avec ce que montre la démonstration plus récente de certains des effets.

Dès lors, par les apports de ces différents travaux menés à l'étranger comme en France, et concernant des aéroports de rangs divers (Londres Heathrow, Roissy CDG, Amsterdam Schiphol... Zurich – Kloten et Orly), au moins un questionnement émerge :

- N'existe-t-il pas un risque à l'usage strictement uniforme et global d'un seul indicateur ?
- A vouloir rechercher une représentativité « parfaite » (ex : l'acoustique n'explique que partiellement les effets), cet indicateur ne peut-il devenir trop général, avec les conséquences que l'on peut imaginer en matière d'arbitrages budgétaires et alors les difficultés rencontrées en termes de critères d'allocation des ressources et de définition de priorité d'actions ?
- Plus qu'un indicateur uniforme qui s'appliquerait de manière indifférenciée sur les territoires, ne convient-il pas d'utiliser plusieurs indications qui permettraient de comprendre les différences de ressentis, à charge sonore comparable : ancienneté résidentielle des ménages, tissus d'habitat ancien, niveaux sociaux, attachement territorial... ?

En fait, là où les indicateurs officiels ont tenté des années durant de livrer et de réguler de manière uniforme l'état de contextes globaux, du fait des référentiels spatiaux des acteurs compétents dans le champ qui nous occupe (nationaux et internationaux) ; la sensibilité individuelle croissante à l'environnement, et l'entrée consécutive dans l'arène publique d'acteurs de la société civile, ainsi que celle, non moins consécutive, de collectivités locales, posent dorénavant la question de la pertinence de ces indicateurs standards pour aider à bâtir des objectifs en passe d'être dorénavant aussi négociés avec les territoires et leurs représentants.

Face à ce constat d'indicateurs hérités de situations socio-politiques ayant évolué, les critiques adressées à la représentativité des indices moyennés ont dès lors conduit à l'engagement de réflexions sur de nouveaux indicateurs, acoustiques comme non-acoustiques, d'abord d'observation, puis de suivi. Et logiquement, ces indicateurs, sans se détourner de la métrologie technique (physique et chimique), s'ouvrent progressivement à la question des effets. C'est ce que les savoirs, y compris officiels, adressent, d'assez longue date en France, et de plus en plus à l'étranger, comme recommandation première aux pouvoirs publics.

10. Réflexions engagées sur de nouveaux indicateurs d'effets environnementaux et territoriaux : propositions émanant des savoirs officiels

Du fait des critiques de plus en plus nourries que concentrent les indicateurs et descripteurs acoustiques, notamment de gêne sonore - en comparaison soit de la vacuité d'autres indicateurs environnementaux officiels (santé, valeurs immobilières... *supra*), soit du peu de controverse scientifique dont ces indicateurs font l'objet dans le débat public - nous prendrons ici le cas de la gêne et des nuisances sonores pour exemple. Ces dernières focalisent indéniablement une attention critique grandissante de la part même des savoirs officiels.

Toutefois, ces points de vue émis relayent un questionnement plus général, qui a déjà affleuré dans le cadre de la présentation de l'état des connaissances relatives à d'autres effets (notamment sur la santé) : quelle est dorénavant la pertinence socio-politique de relation doses-effets homogènes pour construire des indicateurs standards uniformes ?

10.1 Les critiques adressées aux indicateurs standards : trop uniformes pour être représentatifs

10.1.1 Gêne sonore individuelle versus gêne collective

Plusieurs auteurs, tels que Fidell et Schomer (2005), ou Ringheim (2005), mettent directement en cause les procédés techniques de mesure, de calculs et de modélisation utilisés pour bâtir les cartes officielles de bruit existant ou prévisionnel. Selon eux, la précision des données obtenues ne devrait pas permettre des tracés si précis, et plus largement une action publique reposant quasi exclusivement sur eux.

Une solution technique envisagée par Ringheim pourrait notamment être de choisir un intervalle plutôt qu'un chiffre précis dans l'élaboration des cartes de bruit devant servir de support aux politiques publiques. En effet, selon lui les analyses doses-réponses classiques, sur lesquelles repose notamment le Lden, combinent plusieurs possibilités d'erreurs importantes :

- les erreurs de classification dans l'attribution des sources lors de la mesure d'événements isolés imprévus : ce point pose problème lors de longues observations du bruit des avions, les systèmes de mesures imputant parfois aux trafics aériens des sons du fonctionnement urbain général (voitures etc.) ;
- les erreurs liées à la modélisation (logiciels) : les logiciels travaillent à partir de profils de vols stables, de couloirs aériens assez identiques toute l'année et en tirent des moyennes annuelles, or ceci change chaque jour, en fonction de nombreux paramètres. Les données stables à partir desquelles travaillent les logiciels ne peuvent donc donner une bonne représentation de la réalité, et ceci notamment aux périodes de l'année où la gêne est la plus grande pour les habitants, l'été (modification des trajectoires etc.) ;
- les erreurs dans la mesure directe des réponses collectives : il est difficile selon Ringheim de connaître tous les degrés et facteurs de gêne de la population sans avoir consulté tous les habitants, sans exception. Or, les modèles sont le plus souvent réalisés à partir d'enquêtes de comportements (*Attitudinal Survey*), assez rudimentaires, comportant plusieurs sources probables d'erreurs, notamment liées à

la pauvreté des questions posées, ou à leur orientation (ex : postulat que la gêne est la catégorie unique de ressenti sonore)...

Dès lors, par exemple, selon Guski, le Lden est, au regard de la première limite pointée, inadapté pour des situations de multi-exposition.

Et, par delà la seule caractérisation des composantes multiples des environnements sonores, beaucoup de chercheurs s'accordent pour souligner la grande insuffisance des indices existants pour rendre compte de la totalité de la gêne ressentie par la population soumise à des nuisances sonores. Ainsi, pour Beaumont, Lesaux et Robin, si les « *Leq jour, nuit, Lden [...] donnent vue d'ensemble des situations acoustiques [...] en étant une moyenne de bruit sur des périodes assez longues, ils sont finalement assez éloignés du « vécu sonore » (des populations)* » (Beaumont, Lesaux et Robin, 2004, p. 6).

Concernant le bruit des avions, c'est le constat en passe d'être admis de manière générale : les indices acoustiques et psychoacoustiques sont de moins en moins convaincants pour expliquer les gênes ressenties par la population. Guski va même jusqu'à indiquer plus fondamentalement que les relations doses sonores - effets de gêne, à la base des connaissances véhiculées par la psychoacoustique, sont inadaptées pour le bruit des avions et interroge leur fiabilité et leur validité (Guski, 2004). « *Ces relations [entre bruit et gêne] ne s'appliquent que dans des situations sonores stables et par conséquent sont peu pertinentes pour évaluer les effets résultants de la mise en œuvre de mesures de lutte contre le bruit* ». (Lambert, 2001, p.1).

Au mieux, ces indicateurs seraient, selon ces savoirs, des descripteurs imparfaits de la gêne collective. Selon Vallet (2002), « *on utilise la notion de gêne pour prendre en compte globalement et chez tous les individus l'impact du bruit* ». Mais, la variabilité des ressentis et vécus de gêne individuelle ne peuvent être finement circonscrits par des indicateurs qui non seulement reposent sur des moyennes, pondérées (*supra*), mais surtout ne tiennent que très peu compte des aspects multidimensionnels de la gêne ressentie.

En définitive, les indices sonores officiels seraient :

- Acoustiquement pauvres pour l'observation des phénomènes sonores liés aux trafics aériens, donc pour rendre compte de l'exposition sonore des habitants (moyennes) ;
- Et inadaptés pour expliciter les facteurs multiples intervenant dans la variabilité individuelle des ressentis et gêne sonores.

“There is a great gap between regulation noise standards and noise perception among the general public. Standards are based on total noise impact and consist of formulas to calculate the cumulative effect of all aircraft movements. Other assessment factors include the time of day, altitude, and aircraft type. Ultimately, all of these factors are reduced to a single figure, reflecting all effects over the course of an entire year. However, public perception of noise works quite differently. A single noisy flight can spark a flood of complaints. Because local residents apply their own set of standards, they often find it difficult to see a link between their own experience and quantified noise impact figures” (National - Dutch - Aerospace Laboratory, 2005, p.3)⁵.

⁵ Le National - Dutch - Aerospace Laboratory est le partenaire officiel de l'Aéroport d'Amsterdam Schiphol dans la conception de son système de surveillance et dans l'amélioration de ses instruments de mesure.

Or, concernant d'autres effets, nous retrouvons de tels doutes quant à la pertinence explicative des relations doses de bruit – effets. Il s'agit au premier chef de certains des effets sur la santé, ainsi que des dépréciations immobilières.

10.1.2 Les effets du bruit et de la pollution atmosphérique sur la santé

Nous trouvons aussi trace dans la littérature de l'analyse des limites introduites par les indices acoustiques officiels dans l'élucidation de corrélations doses – réponses robustes. « *Les mesures actuelles du bruit ne correspondent pas à la réalité physiologique (...), le bruit a des impacts physiologiques qui devraient se rapprocher davantage de son degré d'irrégularité et d'interruption que des diverses appréciations de niveaux que nous utilisons. Qui dit irrégularité et interruption implique une dimension fractale de notre environnement sonore.* » (Mouret et Vallet, 1995, p. 89).

En outre, plusieurs conclusions d'études épidémiologiques insistent sur la nécessité de ne pas se limiter au seul bruit, même abordé avec des indicateurs plus représentatifs des phénomènes sonores visés (*infra*), comme facteur explicatif des pathologies observées. Les travaux classiques rencontrent certaines limites liés au fait qu'ils se basent essentiellement sur des données acoustiques et cherchent à établir des relations quantitatives de cause à effet (dose -réponse), dont plusieurs chercheurs s'accordent à penser qu'elles ne suffisent pas à comprendre la réalité des effets sanitaires. En fait, de multiples facteurs d'environnement et surtout individuels et sociaux viennent interférer et alors perturber les corrélations statistiques possibles (Stansfeld et Berglung, 2005 ; Fondaterra, 2005). Ces perturbations stipulent la nécessité de faire coopérer les champs disciplinaires.

Concernant la pollution de l'air, il en est de même : « *Limites tiennent à ce que les effets observés servant à l'établissement des relations exposition-risque ne sont pas spécifiques du polluant mesuré* » (Haut Comité de Santé Publique, 2000). Nombre de scientifiques insistent sur le déficit d'intégration des champs et recherches disciplinaires. Pour Colville par exemple (2001), les sciences de l'atmosphère doivent s'ouvrir aux dimensions sanitaires, lorsque le Haut Comité de la Santé (2000) insiste sur la nécessité de penser plutôt en termes de complémentarité des approches, mobilisant la palette des disciplines techniques, mais aussi sociales et humaines.

Ainsi, les seuls indicateurs techniques ne paraissent plus suffisants. Il est quelque peu improductif de limiter le débat seulement à ce type d'outil, l'éclairage potentiel apporté, leur efficacité pour l'analyse, et alors de conclure à des mesures dictées par ces seuls indicateurs (Charles, 2005, p. 100). D'ailleurs, des 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 même moment de l'évolution de ce territoire. Ceci afin d'éviter les extrapolations temporelles et spatiales, tirées de fonctions et paramétrages importés, qui sont à la base de nombre d'incertitudes décrites par la littérature, car en dehors des conditions météorologiques du lieu et des caractéristiques sociales et sanitaires des populations. Et, « *Il faut aussi réfléchir à l'échelle du bassin de vie, notamment avec les Conseils généraux* » (Marchessault, 2005, p. 57).

Dans le registre interdisciplinaire, une étude du département de l'environnement suisse sur les effets des trafics routiers a mis en relation médecins, économistes et épidémiologistes pour mettre au point une méthodologie innovante et alors montrer que ce ne sont pas les atteintes les plus graves, relativement rares, qu'il faut prendre à tout prix en considération

mais les perturbations plus bénignes qui ont des conséquences sur le bien-être et la santé en général (OFEFP, 2002).

La nécessité de prendre en compte l'état global de santé, les conditions et modes de vie des populations (ETADAM, 2000)

L'étude ETADAM (2000) par exemple, dont les résultats principaux ont été synthétisés dans le Chapitre 3. du Tome 1, a choisi de recourir aux médecins généralistes exerçant dans différentes communes autour de Roissy CDG - 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.

Si, dans les zones très exposées au bruit, les chercheurs ont constaté une augmentation du nombre de prescription médicales (*infra*), quelques autres résultats (ex : aucune augmentation du nombre de cas d'hypertension artérielle) invitent les auteurs à confirmer que dans l'état de stress ressenti par les patients, le bruit n'est pas seul à interférer, mais que la durée de transport quotidienne, la condition sociale, la pénibilité au travail ont des impacts plus importants sur la santé.

10.1.3 Les impacts du bruit sur l'immobilier

Concernant les dépréciations immobilières, Levesque avait dès 1994 montré la pauvreté des indicateurs standards d'exposition pour la méthode des prix hédoniques – MPH (Chapitre 6. Tome 1.). Il considérait que l'utilisation traditionnelle du Noise Exposure Forecast et du Noise Number Index, de rigueur à l'époque au Canada (Pearson International Airport de Toronto), privait d'une part les analystes de l'opportunité de voir dans les niveaux de pression sonore, la fréquence des survols et surtout la variabilité du bruit, des facteurs explicatifs des décotes immobilières. Le NNI combine en effet niveau du son et nombre d'événements sonores dans un indicateur cumulatif qui masque certains paramètres pertinents à la fois dans l'explication de la gêne (Chapitre 2. Tome 1) mais aussi dans celle des dévalorisations. Car, c'est de la décomposition des caractéristiques du son et du nombre d'événements que des corrélations peuvent selon lui apparaître : *“Generally, hedonic studies have not accounted for the research on noise annoyance and hence do not recognize the variety of issues surrounding the representation of noise, including the separation of loudness and number of events. Besides, they tend to rely exclusively on noise contour maps to estimate noise at a housing location. These maps only depict the cumulative noise measure...”* (Levesque, 1994).

Aussi, Levesque a-t-il, pour l'application de la MPH au bruit des avions, décomposé les charges sonores en événements élémentaires, de manière à identifier une éventuelle sensibilité différentielle des riverains, pour autant que celle-ci puisse être révélée par les dépréciations des valeurs immobilières. Levesque introduit ainsi dans une fonction hédonique : le nombre des événements bruyants⁶, ainsi que la moyenne et l'écart-type⁷ des niveaux de bruit. Les résultats obtenus montrent que le nombre d'événements bruyants

⁶ Définis par une mesure du bruit effectivement perçu > 75 dB.

⁷ Mesurant donc ici leur “ amplitude ”.

introduit certes une dépréciation, mais de faible ampleur, et surtout légèrement décroissante avec le nombre d'événements⁸.

Ainsi, lorsque ce nombre augmente, les dépréciations immobilières trouvent leur origine dans d'autres attributs du bruit : les niveaux moyens ont un effet beaucoup plus net sur le prix des logements, mais là encore, la décote est pratiquement indépendante de la valeur de cette moyenne⁹. On constate en fait que c'est l'amplitude des niveaux de bruit, mesurée par l'écart-type, qui exerce une influence discriminante sur les taux de décote : plus cette amplitude est forte, et plus le taux de décote est important¹⁰. Ces résultats laissent penser que l'on ne s'habitue pas au bruit des avions, contrairement à ce que certaines idées reçues véhiculent encore souvent.

De telles informations, lorsqu'elles sont disponibles, permettent de calibrer avec davantage de précision que le traditionnel *NDI* des stratégies alternatives de gestion des émissions sonores. Par exemple, bien que l'approche par les dépréciations immobilières n'épuise pas, tant s'en faut, la question des impacts socio-spatiaux du bruit des avions, elle permet ici de conclure que le bien-être des populations peut être amélioré par une réduction non seulement de l'intensité mais aussi de la variabilité des niveaux de bruit, davantage que par une réduction de la seule fréquence des vols.

10.2 Réflexions engagées par les savoirs officiels autour de quelques nouveaux indicateurs

La raison pour laquelle les savoirs officiels explorent de telles marges d'erreur provient donc de la faible corrélation, reconnue de tous, entre les caractéristiques physiques et chimiques des environnements (par exemple, l'intensité sonore) et les effets sanitaires, de gêne, immobiliers... Plusieurs d'entre eux s'ouvrent alors à d'autres savoirs et savoir-faire, loin des seules précisions à apporter à la métrologie acoustique.

Dans ce cadre, ils essaient d'imaginer et testent des indicateurs qui pourraient venir compléter efficacement les indices en vigueur, toujours en vu d'abord de décrire les situations. Et, toujours selon une lecture préférentiellement comportementale, mais, dorénavant, surtout centrée sur la variabilité individuelle avant de postuler l'uniformité des manifestations humaines des ressentis, plusieurs indicateurs se trouvent à ce jour vantés par la littérature scientifique ou opérationnelle, technique.

⁸ De 0,36 à 0,17 % environ, pour un nombre d'événements bruyants variant entre 80 et 400 par an.

⁹ De l'ordre de 1,7%, pour des niveaux moyens compris entre 78 et 92 dB.

¹⁰ De 6,4 à 3,5 %, pour un écart-type variant de 4 à 10 dB.

10.2.1 Les indices acoustiques : nombre de survols et d'émergences sonores (cas d'applications : Sydney Kingsford Smith, Vienna International Airport, Zurich-Kloten et Bedford - USA)¹¹

Concernant le bruit des avions, l'émergence nourrit sans conteste les espoirs de certains acteurs de rendre plus fidèlement compte des phénomènes en cause. Elle permet, a priori, de mieux comprendre la nuisance induite par un événement sonore isolé. Toutefois, l'émergence n'est pas à ce jour en Europe, comme phénomène sonore, traduite sous forme d'indicateur réglementaire dédié à l'observation et au suivi des émissions sonores liées aux trafics aériens.

Pourtant, il existe des retours d'expériences aéroportuaires en la matière, notamment le cas de Sydney (Kingsford Smith Airport). Ce cas est triplement intéressant pour notre propos :

- par les indicateurs mis en place pour assurer le suivi des trafics aériens et des charges sonores qui lui sont imputables,
- par la manière plus concertée qu'auparavant de les construire,
- et par l'écho que cette expérience a reçu à travers le monde, ainsi que les emprunts faits par d'autres aéroports pour redéfinir en partie leur politique.

Le cas de Sydney Kingsford Smith

Suite à la contestation née de l'ouverture d'une nouvelle piste sur l'aéroport de Sydney (1994), un Comité spécial du Sénat mis en place sur la question du bruit des avions a constaté au cours de son enquête officielle que les résidents de Sydney se sentaient mal informés par les données de contours de bruit censés livrer indication des impacts sonores de la 3^{ème} piste. Considérant, comme les analyses de sciences humaines et sociales ont pu le montrer (Chapitre 2., Tome 1), et comme nombre d'aéroports ont pu le constater *in vivo*, que le déficit d'informations nourrit la gêne, une analyse psychosociologique des discours tenus dans leur quotidien par les riverains au sujet du bruit a permis de bâtir un langage d'échanges (1997).

Il en est ressorti que les populations appréhendent le bruit des avions en termes de : couloirs de survol, de nombre et fréquence des mouvements, de temps calme écoulé depuis le dernier bruit d'avion, et, seulement après, en termes d'intensité sonore de tel événement particulier.

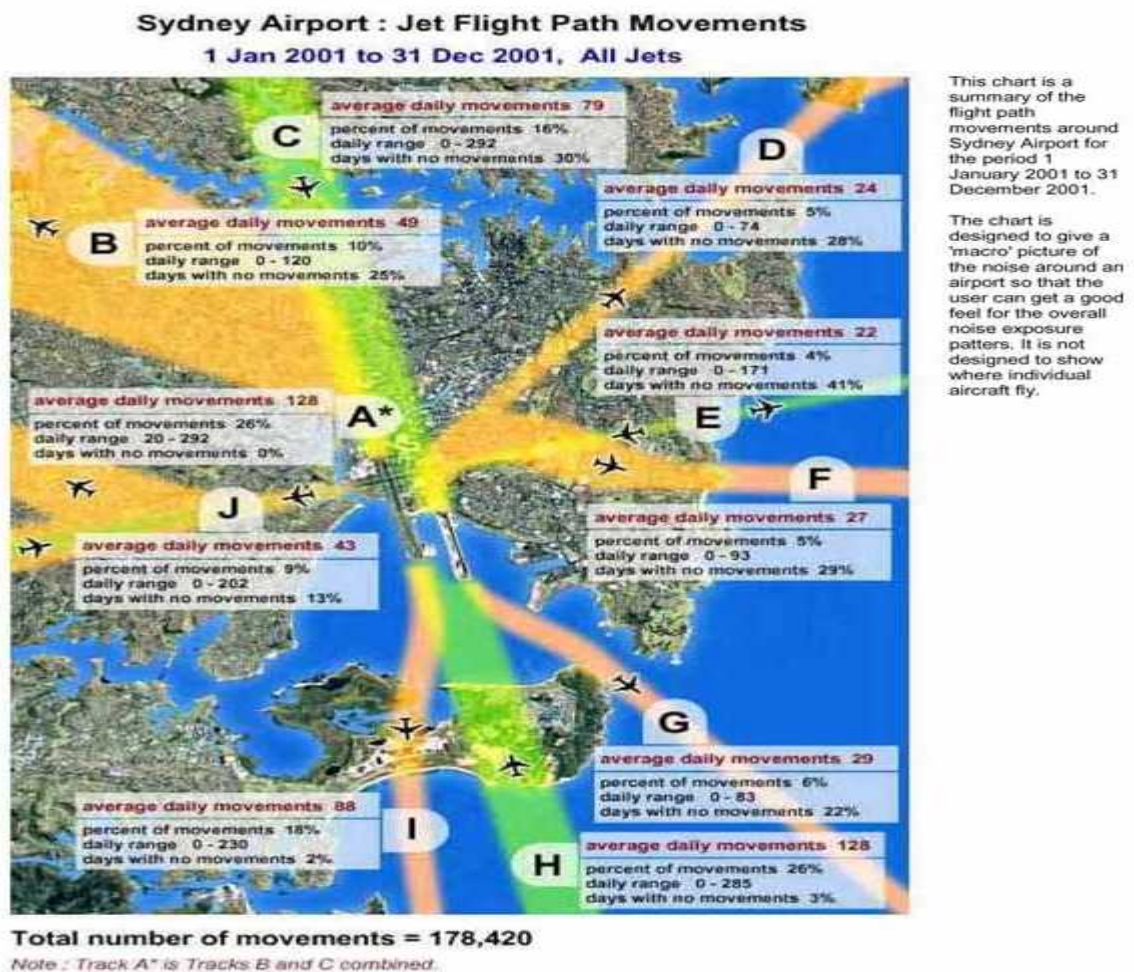
Selon Dave Southgate, l'initiateur de la démarche pour le Gouvernement australien - Department of Transports and Regional Services, DOTARS - « *quand les gens commencent à s'intéresser au bruit des avions, par exemple parce qu'ils pensent acheter une maison, ils commencent toujours par demander où passent les avions. Quand ils apprennent qu'il y a un couloir de passage près de la maison en question, ils cherchent aussitôt de l'information sur le nombre de vols dans le couloir de survol* » (Southgate, 2002).

¹¹ Précisons que la question des basses fréquences occupe aussi beaucoup les débats outre-atlantique, avec comme expérience d'indicateur nouveau de prise en compte le cas de Minneapolis St-Paul (Faburel, 2003). Cette initiative a été engagée à la suite d'un travail d'analyse des effets sur la santé dans les pourtours aéroportuaires.

Rapidement les gens souhaitent avoir des informations sur la distribution des mouvements. Par exemple: « *Y a t'il des vols à des moments sensibles comme la nuit, tôt le matin, tard le soir ou le week-end ? Y a t'il souvent des "mauvais jours" ? Y a t'il des changements saisonniers pour le bruit? Le bruit est-il pire en été ?* ». Une information à apporter concerne donc les moments sensibles et jour moyen. S'agissant ensuite de l'intensité sonore, les questions typiques concernent les types d'avions utilisant les couloirs de passage : de gros avions ou des petits ? A quelle altitude passent-ils ? L'aéroport doit les renseigner entre autres sur les contours d'événements singuliers. Il ressort en outre de ce travail d'analyse que ces discours sont généralement étendus à des espaces assez distants des aéroports.

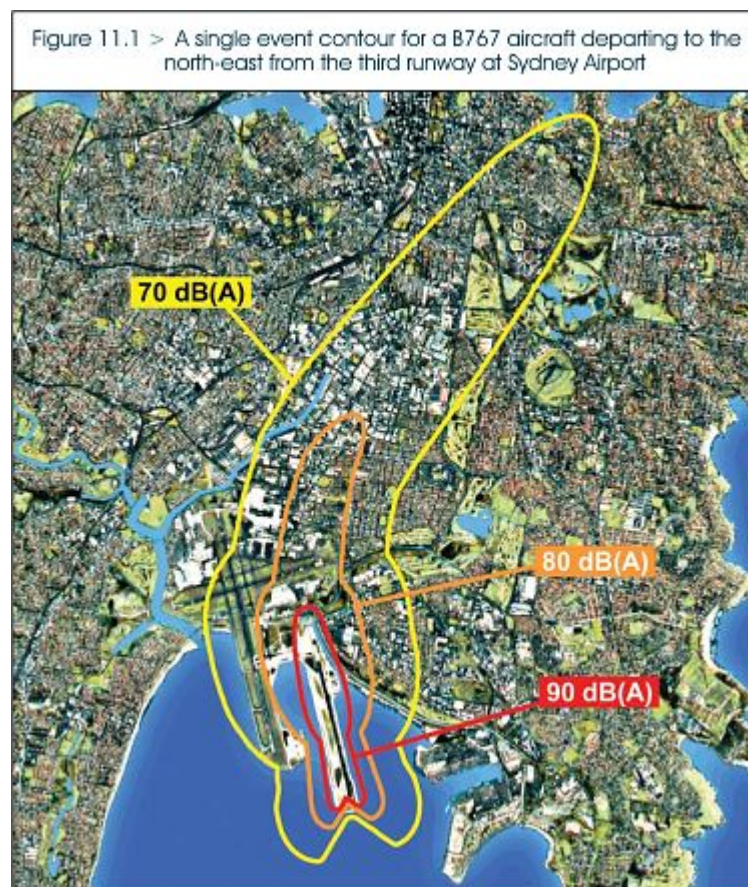
Or, l'information la plus conventionnelle apportée à l'époque était la carte de contour 20 ANEF (*Australian Noise Exposure Forecast*), reposant sur un DNL 55. Et, il avait déjà été constaté que de plus en plus de plaintes provenaient des zones non comprises dans ces contours. Trois autres cartes ont alors été élaborées par le DOTARS, en concertation avec les riverains.

La première d'entre elle (1998), carte des couloirs de passages, répond à la question : où passent les avions et selon quelle fréquence de passage ? En outre, le jour moyen est rarement un jour typique. Or, la perception du bruit des avions repose souvent sur la distinction entre jours « chargés » et jours « calmes ». C'est pourquoi cette même carte indique aussi le nombre de mouvements, en distinguant : le nombre de jours denses, de jours calmes et de jours sans mouvement.



La carte de répit a quant à elle été produite pour répondre à la question de l'intervalle de temps entre les périodes de survol (2000). Elle complète l'information jour par jour en donnant une information heure par heure sur les variations des caractéristiques d'exposition au bruit. Cette carte montre la proportion de temps sans mouvement sur chaque couloir de passage. Par exemple, si on indique un répit de 55 % pour un couloir, cela signifie que pour 55 % des heures pleines, il n'y avait pas de mouvement dans ce couloir de passage.

Enfin, la carte N70 est une carte d'émergence (2000). Elle montre le nombre d'événements supérieurs à 70 dB(A) sur un jour moyen. La limite de 70 dB(A) a été choisie car d'une part, elle correspond au niveau de bruit susceptible de perturber la conversation dans une maison fenêtres ouvertes (prise en compte d'indicateur de gêne comportementale, *supra*) et d'autre part elle permet de tenir compte de plusieurs mouvements, donc de proposer une visualisation de portions entières de trafic.



Mis en application en 2000, les riverains pensent que ces indicateurs donnent une image plus juste des caractéristiques de l'exposition au bruit des avions que les conventionnels *Equal energy noise contours*. Et, le fait d'avoir fondé ces productions sur les discours des habitants participe de cette meilleure acceptabilité sociale. Toutefois, l'analyse des plaintes ou encore le déroulement de réunions publiques tend à montrer que cela ne suffit pas (Southgate, 2005).

D'autres retours d'expériences aéroportuaires : Amsterdam Schiphol, Vienna International Airport et Bedford (MA – USA)

D'autres expériences aéroportuaires poursuivent le même dessein, s'inspirant pour nombre du travail fourni par les autorités gouvernementales australiennes. Il s'agit d'Amsterdam Schiphol, ou encore du Vienna International Airport, qui tous deux ont, aussi, construit de manière plus concertée de tels indicateurs.

D'ailleurs, s'inspirant du cas Australien, Burton (2004), compare les descripteurs de bruit existants dans différents pays, et surtout, grâce à l'Integrated Noise Model version 6c (la première version date de la fin des années 1970), il convertit ces données différentes en L_{max} pour différents pourtours aéroportuaires. Par cette uniformisation, il teste la validité comparée des critères de planification du bruit utilisés dans les pays étudiés. Et, sans grande surprise au regard des indicateurs utilisés, c'est autour de Sydney que ces critères sont les plus sévères.

A Vienne par exemple, le modèle de suivi des charges sonores couple celui de Sydney (rendant compte des phénomènes d'émergences sonores : dépassement de seuil et fréquence des mouvements) et des modèles plus traditionnels (calculs de bruit global sur des périodes données). Cinq zones de bruit ont ainsi été définies à partir de l'indice Leq et intègrent le nombre d'événements sonores dépassant 65 dB (A). L'aéroport insiste (Levy, 2005) sur le fait que les valeurs choisies ont donné la préférence aux exigences des riverains plutôt qu'aux recommandations des experts. Tandis que ces derniers conseillaient de fixer le seuil minimal à 55 dB (A), l'aéroport a choisi 45 dB (A) afin de coller au plus près de la gêne déclarée par les habitants.

En outre, l'aéroport de Bedford dans le Massachusetts, l'autorité aéroportuaire (Massport, aussi gestionnaire de Boston Logan) a constitué un groupe de travail (*Hanscom Noise Working Group* - HNWG), en vue de se prononcer en 2001 sur le rapport d'impact environnemental de l'accroissement des trafics. Le HNWG comprenait des représentants de villes environnantes, des groupes de citoyens, l'US Air Force et le National Park. Les représentants des collectivités territoriales comprenaient des docteurs, des experts acousticiens et des pilotes.

Dans le cadre de ce travail, une des premières tâches entreprises par le HNWG a été une évaluation des mesures existantes et une liste d'attributs pour une mesure « idéale » souhaitée du bruit. Le HNWG a conclu que les mesures idéales devaient prendre en compte : l'intensité sonore supérieure au niveau de bruit ambiant, le nombre et la durée des événements sonores aériens, et le niveau de bruit absolu des événements.

A l'issue de ce travail, les recommandations du HNWG entrent dans 5 grandes catégories :

- Une plus grande utilisation de la mesure dite de *Time Above* (TA),
- Une description statistique des événements sonores aériens (plus d'informations que la simple moyenne),
- Une mesure sonométrique linéaire, complémentaire du DNL¹²,
- Des mesures facilement compréhensibles par le grand public,
- Une évaluation et discussion des limites de la modélisation.

¹² Le HNWG propose un « *Aviation-to-Ambient ratio* » qui exprime la relation entre p²dn aviation (le niveau de bruit jour nuit dû au survol) et p²ref Ambient (le niveau de bruit ambiant L90).

Comme les cas du Vienna International Airport, de Zurich - Kloten, d'Amsterdam Schiphol ou de Sydney Kingsford Smith le stipulent, la distribution des survols est, suite notamment au suivi opéré grâce à ces indicateurs, aussi devenu un enjeu de débat plus large. La question n'est pas seulement demeurée confinée à la maîtrise de l'appareillage de suivi.

A Vienne par exemple, l'aéroport a essayé de redistribuer les mouvements, et alors les doses sonores, de façon plus juste et équitable. Au départ de la consultation relative à une nouvelle piste, l'ensemble des opposants souhaitait moins de survols. Mais, chacun a progressivement reconnu qu'aucune solution ne pourrait être trouvée de cette façon. Et, deux communes riveraines semblaient même prêtes, moyennant compensations, à accepter plus de survols pour améliorer la situation générale. L'idée sous jacente était qu'en augmentant de seulement quelques personnes le nombre d'individus exposés à des niveaux de bruit élevé, on pouvait réduire largement le nombre de personnes exposées à des niveaux de bruit plus faible. Mais, au final, les négociations n'ont pas abouti. La réflexion centrée sur une répartition plus équitable est aussi en cours autour de l'aéroport d'Amsterdam, suite aux travaux menés par P. Stallen (2005). Pour le cas de Sydney, un passif d'inégalités d'exposition rythmait le débat depuis le milieu des années 1990, suite à l'alternance gouvernementale (Nero et Black, 2000), au point de constituer une justification forte à la conception de nouveaux indicateurs de suivis.

Recommandation de l'ACNUSA (2005) : des indicateurs complémentaires d'émergence

Des cartes de survol et des estimations du nombre de personnes survolées à différentes altitudes (tableau suivant tiré du rapport 2004 de l'ACNUSA) ont déjà été produites (IAURIF, 2003). Et, depuis, l'ACNUSA a recommandé dans son rapport d'activités de 2005, de compléter le Lden avec un indice d'émergence, le LAm_{ax} (ou Leq intégré 1 seconde), avec pas plus de 10 événements sonores, toutes sources confondues, de plus de LAm_{ax} + 70 dB(A) de jour. Toujours dans le registre de l'émergence, l'ACNUSA préconise un indicateur complémentaire : NA65/100 et NA62/200 pour les communes situées hors PGS (2005).

Population survolée en 2003

Configuration face à l'ouest

CLASSE DE SURVOL	PARIS - ORLY			PARIS - CHARLES-DE-GAULLE			TOTAL GENERAL
	DEPART	ARRIVEE	TOTAL	DEPART	ARRIVEE	TOTAL	
DE 0 A 1000 METRES	1 778	27 646	29 424	18 978	25 564	44 542	73 966
DE 1000 A 2000 METRES	39 075	55 157	94 232	69 573	66 759	136 332	230 564
DE 2000 A 3000 METRES	43 897	79 047	122 944	608 683	109 484	718 167	841 111
TOTAL	84 750	161 850	246 600	697 234	201 807	899 041	1 145 641

Configuration face à l'est

CLASSE DE SURVOL	PARIS - ORLY			PARIS - CHARLES-DE-GAULLE			TOTAL GENERAL
	DEPART	ARRIVEE	TOTAL	DEPART	ARRIVEE	TOTAL	
DE 0 A 1000 METRES	27 395	13 531	40 926	611	314 301	314 912	355 838
DE 1000 A 2000 METRES	79 765	55 673	135 438	23 300	762 248	785 548	920 986
DE 2000 A 3000 METRES	97 504	8 904	106 408	107 490	356 607	464 097	570 505
TOTAL	204 664	78 108	282 772	131 401	1 433 156	1 564 557	1 847 329

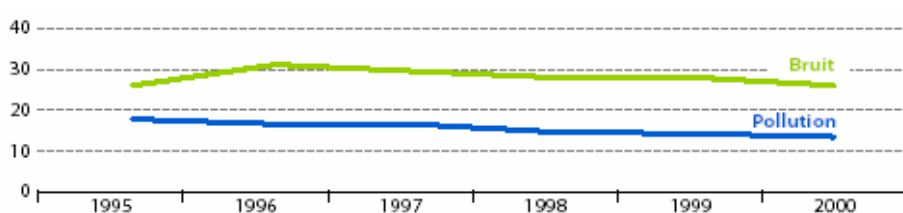
10.2.2 Les indicateurs non-acoustiques : le pourcentage des personnes gênées, les troubles du sommeil, les consommations médicamenteuses et autres indicateurs de santé, les perturbations comportementales et les plaintes

Le pourcentage des personnes fortement gênées

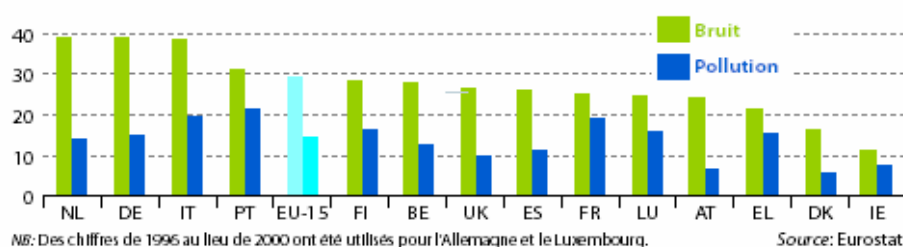
Selon des indices standardisés de mesure psychoacoustique, Miedema et Vos (1998) et Miedema et Oudshoorn (2001) proposent de prendre en compte le pourcentage des personnes « gênées » (*Annoyed*) ou « très gênées » (*Highly annoyed*). Et, mais nous y trouvons les mêmes experts, la *Task Force* mise en place par la Commission Européenne pour aider à l'adoption d'une position commune quant aux indicateurs complémentaires au Lden recommande ces deux indicateurs, avec pour seuil 50 % d'une population donnée pour le premier (%A) et 72 % pour le second (%HA) (Commission Européenne, 2003, p. 3).

Certes, T. Schultz, après avoir synthétisé onze études dédiées à la gêne produisit dès 1978 une courbe éponyme associant le niveau de bruit à la gêne, laquelle fut corrigée plus tard par l'US Air Force (Finegold, 1990) afin d'affiner la relation - le pourcentage des personnes *Highly annoyed* intégrant une dimension temporelle inexistante chez Schultz. D'autres caractéristiques acoustiques des bruits furent alors progressivement introduites dans ce calcul, tels la fréquence, la durée de l'exposition, l'accompagnement de l'événement par des vibrations ou des crépitements.

Mais, et c'est certainement là le fait nouveau, là où ces informations visaient surtout auparavant à valider les descripteurs acoustiques de la gêne (cf. travail de Finegold) pour les appliquer de manière indifférenciée à des contextes aéroportuaires pourtant différents, elles s'affirment progressivement comme de véritables données endogènes, qu'il convient de considérer comme indication à part entière des situations socio-environnementales. "*It makes sense to qualify the population in terms of noise sensitivity*" (Eurocontrol et Envisa, 2005). D'ailleurs, Eurostat et l'Agence Européenne de l'Environnement (2005) recommandent de considérer cet indicateur comme un indicateur de développement durable, parmi 12 indicateurs principaux, les 45 indicateurs stratégiques et les 98 indicateurs analytiques (Eurostat, 2005).



Graphique 4.12. Part de la population de l'EU-15 vivant dans des ménages se plaignant du bruit et de la pollution (en %)



Graphique 4.13. Part de la population vivant dans des ménages se plaignant du bruit et de la pollution en 2000, par pays (en %)

Enfin, la production de telles informations répond depuis peu de conventions internationales (ISO, 2003) : échelle de gêne en 5 points (pas gêné du tout, un peu gêné, modérément gêné, très gêné et extrêmement gêné).

Les troubles du sommeil : une pénalité supplémentaire pour le Lnight et l'indice de prescription médicale

Il en est de même pour les troubles du sommeil, proposés comme deuxième indicateur non-acoustique (Miedema, Passchier-Vermeer et Vos, 2003 ; Hume 2003). Ces troubles du sommeil sont plus particulièrement observés par la combinaison des variables suivantes :

- nombre de réveils en période nocturne,
- nombre de changements des cycles de sommeil,
- auto-évaluation de la qualité du sommeil donc expression d'un sentiment.

Il est vrai que ces effets sont certainement les plus corrélés aux phénomènes sonores, suite à de très nombreux travaux scientifiques, surtout en laboratoire. Ici, l'indicateur *Highly Sleep Disturbed* est proposé comme intégrateur.

Mais, à la différence du précédent indicateur qui commence à être considéré pour ses apports endogènes au suivi des situations et peut donc fonctionner de manière autonome à partir d'une évaluation en pourcentage, Miedema et al. (2003, p. 51) proposent d'introduire une pénalité supplémentaire au *Lnight* afin de tenir compte de tels effets. Selon eux, ces effets sont encore difficilement mesurables de manière robuste (limites du *self reporting*). Des différences importantes entre les résultats obtenus en laboratoire et sur le terrain demeurent. Précisons enfin ici, que, puisque nous trouvons les mêmes psychoacousticiens comme experts, ces derniers réfléchissent aussi à des indicateurs non-acoustiques de cumul entre la gêne et les troubles du sommeil.

Toutefois, le nombre de réveils en période nocturne s'affirme bien comme un indicateur en devenir, si l'on en juge l'outil introduit par Visser de la Delft University of Technology depuis 2001 (Visser and Wijnen, 2001; Wijnen and Visser, 2003; Visser and Wijnen, 2003) : le NOISHHH. Cet outil combine un modèle de bruit, un système d'information géographique, et un algorithme d'optimisation dynamique des trajectoires en vue de penser les couloirs les moins gênants pour les populations survolées autour d'Amsterdam Schiphol. Au titre des critères de performance sonore adoptés figure le nombre et la localisation des personnes qui, dans l'ensemble de la population exposée, est susceptible de se réveiller à cause d'un seul survol nocturne.

En outre, comme certains résultats avancés dans le Chapitre 3. du Tome 1 le laissent penser, et comme plusieurs médecins le recommandent, la prescription, voire la consommation de médicaments pour dormir, seraient des indices assez sûrs de suivi des effets du bruit sur le sommeil.

La prescription de médicaments comme indicateur robuste, sous condition, de révélation des effets du bruit sur la santé

Comme exposé dans le Chapitre 3. du Tome 1, outre les recherches menées à l'étranger, surtout autour de l'aéroport d'Amsterdam Schiphol (Knipschild et Oudshoorn, 1977 ; Stansfeld, Berglung et al., 2005) ; ou encore prêt de Barajas à Madrid et Heathrow à Londres, concernant les effets sanitaires sur les enfants (Stansfeld et Berglung, op. cit.), plusieurs études ont été réalisées en France depuis le milieu des années 60 autour de Roissy CDG par Coblenz (Université Paris V), avec pour variable maîtresse : la prescription de médicaments (Fondaterra, 2005). Il en est de même, toujours sur Roissy CDG, des travaux de Cohen, Mosnier et Vallet (1999 et 2000) - l'indicateur utilisé fut la

prescription de médicaments à visée neuropsychiatrique - et de l'étude ETADAM (2000). Nombre de résultats de ces études stipulent l'intérêt descriptif et prédictif de la prescription, voire de la consommation de médicaments, comme indicateur de suivi des effets du bruit sur la santé.

Ceci en comparaison d'autres indicateurs tels que le nombre de consultations de médecins (généralistes et spécialistes), des accidents du travail, ou des arrêts maladies. L'étude ETADAM, par exemple conclut à une augmentation du nombre de prescriptions de tranquillisants, d'antidépresseurs ou de médicaments pour les nerfs ainsi qu'une hausse des indicateurs d'angoisse dans les zones très exposées au bruit.

Plus largement, suivant en cela les recommandations appelant à plus d'interdisciplinarité et de territorialisation des observations (10.1.2), plusieurs indices sont en passe d'être reconnus pour assurer une veille non seulement des différents effets du bruit sur la santé, mais aussi des effets de la pollution atmosphérique sur la santé (Guillemot, 2005, p. 39). Outre la prescription de médicaments (tranquillisants, somnifères...), nous trouvons notamment, suivant en cela par exemple des études irlandaises (cité in Colloque Fondaterra, 2005, p. 32), le nombre d'admissions de patients dans les hôpitaux, le nombre d'appels aux médecins ou encore le taux d'absentéisme à l'école.

Et, ce type d'indicateurs a déjà été indirectement utilisé concernant le bruit des avions. L'aéroport d'Amsterdam Schiphol (Franssen, Staatsen, 2002), lorsqu'il envisagea d'ouvrir une cinquième piste, dut ainsi se plier à la recommandation de l'inspecteur d'Etat chargé de la Santé Public le pressant de mener une évaluation sanitaire plus étendue que celle habituellement demandée.

L'évaluation des effets sur la santé devait alors comprendre quatre étapes : une évaluation de l'état actuel de santé et des risques sanitaires potentiels courus par la population en raison de la pollution générée par l'aéroport, l'identification des lacunes dans la connaissance des impacts sur la santé de l'activité aéroportuaires, des propositions pour combler le déficit en termes de recherche, la préparation d'un programme de contrôle de l'état de santé de la population suite à l'extension de l'aéroport. Il s'agissait cependant de s'appuyer sur les données existantes, qui étaient relativement peu nombreuses, pour au final définir un périmètre d'étude de 55 km² incluant approximativement deux millions de personnes.

L'estimation, tirée de travaux étrangers, des effets sanitaires prenait alors en compte le nombre de personnes affectées par la gêne sonore (%HA), par la gêne olfactive et par de l'hypertension. Fut aussi intégrée une analyse des données sanitaires sur les maladies respiratoires et cardio-vasculaires.

Les perturbations comportementales et les plaintes

Certains, à l'exemple de C. Nathanail (2005), évoquent les manifestations comportementales de perturbation d'activités comme indicateurs potentiels, en insistant particulièrement sur les changements intervenus dans l'utilisation des habitations, au premier chef la gestion des interfaces avec l'extérieur : ouverture/fermeture des fenêtres et utilisation des balcons/jardins. Cette proposition est particulièrement adaptée au bruit des avions, et fait déjà l'objet d'échelles standard internationales de mesure (liste des perturbations à interroger lors des enquêtes).

Ces mêmes auteurs estiment d'ailleurs que ces indicateurs de perturbation d'activités sont peut-être plus pertinents que les plaintes enregistrées comme indicateur de gêne. Il est vrai que nous trouvons aussi d'assez longue date dans la littérature le nombre de plaintes comme indicateur, avec des retours d'analyse au Pearson International Airport de Toronto (Gillen, Levesque, 1994) ou à Manchester International (Hume, Gregg, Thomas & Terranova, 2003).

Beaucoup de plates-formes, d'abord américaines (cf. O'Hare Noise Hotline) puis plus récemment européennes, recueillent leur nombre, observant leurs variations mensuelles et annuelles. Mais, il s'agit le plus souvent d'un indicateur de suivi descriptif, permettant d'en comptabiliser le nombre, les localiser et en vérifier le motif premier (CIDB, 2004).

Or, sans explication précise de ce qui fonde l'origine de ces plaintes, il y a risque d'une observation biaisée (ex : tous les individus ne sont pas socialement égaux devant l'émission d'une plainte). C'est la cause première des hésitations de certains psychoacousticiens à considérer les plaintes comme descripteur de gêne, malgré des analyses récentes qui permettent de lever de telles hypothèses empiriques et de faire de la plainte un indicateur complémentaire et pertinent de gêne (Hume, Gregg, Thomas & Terranova, op. cit.).

Donc, par cette analyse des recommandations officielles et retours d'expériences aéroportuaires, force est d'admettre que les savoirs et savoir-faire officiels eux-mêmes ont d'ores et déjà proposé plusieurs compléments indiciaires. Et ce, sous les deux angles qu'ils privilégient :

- de nouveaux descripteurs acoustiques des nuisances sonores, tournés vers la fréquence des survols et les émergences sonores,
- et surtout des indicateurs non-acoustiques : de gêne sonore, de troubles du sommeil, de prescription médicale, de perturbation comportementale ou encore de plaintes.

Et, comme montré, certains d'entre eux ont même parfois trouvé traduction dans des politiques aéroportuaires.

Mais, dans le même temps, ces multiples critiques et différentes propositions qui se font de plus en plus présentes dans la littérature scientifique, ainsi que les quelques initiatives aéroportuaires recensées, n'ont globalement pas, en France comme dans plusieurs autres pays, essaimé dans les politiques aéroportuaires.

Nous demeurons encore à ce jour souvent au mieux dans une réflexion collective centrée sur l'affinement des descripteurs acoustiques de la gêne, avec, dans les débats aéroportuaires, la question très présente aux Etats-Unis (cf. travaux du FICAN) de la prise en compte des basses fréquences, et, en Europe, le thème des émergences sonores, fortement lié à la question des trafics nocturnes.

Nous n'avons pas pour but ici d'explorer des raisons multiples expliquant cette situation. Nous renvoyons pour cela à Faburel et Mikiki (2003), et notamment à sa conclusion générale, ainsi qu'à Faburel (2005), qui exposent les différents référentiels de l'action et des acteurs qui s'opposent dans les situations de conflit dans le champ aéroportuaire. Nous admettons seulement qu'une asymétrie persiste entre l'état des questionnements scientifiques et la réalité des indicateurs opérationnels qui charpentent les politiques aériennes et aéroportuaires.

Et, cette asymétrie s'accroît encore lorsque, quittant les sentiers battus des savoirs officiels, nous cherchons trace dans la littérature scientifique d'indicateurs s'écartant de la seule posture descriptive et quantitativiste développée par les indicateurs conventionnels ou par ceux plus nouveaux présentés ci-dessus, pour aussi, en intégrant d'autres dimensions, non seulement livrer une réalité plus large des effets mais aussi les réinsérer dans une perspective explicative plus globale, à forte consonance territoriale.

Ici, il convient de replonger dans les champs disciplinaires présentés dans les différents chapitres du Tome 1 de ce rapport, et qui, de longue date ou récemment, ont, surtout en France, tenté, au gré des travaux empiriques réalisés, de proposer des méthodes et indicateurs pré-opérationnels d'observation. En fait, de plus en plus de chercheurs et d'organismes publics ou para-publics réfléchissent à la construction de nouveaux indicateurs plus qualitatifs et moins techniques, souvent directement issus des métiers du diagnostic territorial. Ces équipes et individualités proposent de nouveaux outils de lecture des enjeux territoriaux mais aussi des méthodes originales dont l'un des apports les plus importants est de se saisir, de manière non moins opérationnelle, plus largement de la problématique des effets, en vue de rendre compte de la situation spécifique de chaque contexte.

11. Méthodes de mesure et indicateurs d'effets émanant des sciences humaines et sociales

Nous n'avons pas pour ambition ici de restituer de manière exhaustive des approches développées par chacune des disciplines des sciences humaines et sociales, tant leur nombre est grand et leurs produits multiples. Nous ne rendons compte que de celles qui :

- soit ont d'ores et déjà livré certains des enseignements présentés dans plusieurs des chapitres du Tome 1,
- soit ont déjà été éprouvées sur des objets et sujets connexes (autres types d'environnement), et pourraient s'avérer pertinentes pour la problématique traitée ici : saisir la multiplicité des effets pour pouvoir en tirer des indicateurs de suivi et des méthodes d'observation.

11.1 Les dispositifs méthodologiques et indicateurs de la psychologie de l'environnement et de la sociologie urbaine : indice de qualité de vie, ambiances sonores et évaluation participative

11.1.1 Quelques types de méthodes et techniques disponibles

Les cartes mentales (Uzzell et Romice, in Moser et Weiss, 2003, p. 57) consistent à faire dessiner, le plus souvent à des habitants, une carte de leurs espaces perçus et vécus, et notamment alors des ambiances sonores de leur ville. Leur analyse peut être utilisée pour parvenir à une meilleure compréhension de la façon dont la ville donne lieu à des perceptions (espace perçu) et pratiques (espace vécu) qui s'organisent pour alimenter des opinions, par exemple sur la gêne sonore ou encore le choix résidentiels des ménages. Cette technique est souvent associée à d'autres méthodes comme les entretiens exploratoires ou semi directifs.

Malgré divers problèmes théoriques ou méthodologiques (ex : aptitudes sociales au dessin), lesdites méthodes sont considérées comme « *un point de départ solide et valide* » pour comprendre les perceptions et représentations de l'environnement qui, par nature, puisent dans les rapports aux espaces et territoires pour forger des opinions, attitudes et croyances dont se nourrissent les ressentis, par exemple déclarées lors des enquêtes de gêne sonore (Uzzell et Romice, in Moser et Weiss, 2003, p. 59).

Ce procédé méthodologique a été pour la première fois appliqué à une problématique aéroportuaire, sur le cas du conflit autour du nouvel aéroport dans les environs de Nantes : Notre Dame des Landes (Lecourt, Avry, Faburel et Bommelaer, 2005). Il a notamment permis de révéler la dimension territoriale, patrimoniale et affective, du débat qui s'est tenu en 2001 et 2002 au sujet de cette implantation aéroportuaire.

Les parcours sensoriels commentés et évaluatifs sont complémentaires des cartes mentales, mais plus centrés sur les perceptions (Uzzell et Romice, in Moser et Weiss, 2003, p. 59) et représentations (Thibaud, 2001). Ils collectent des informations sensorielles et les associent à des espaces de façon séquentielle.

Concernant les parcours sensoriels commentés, la technique choisie, le plus souvent, consiste à visiter le site avec une carte et à demander aux sujets d'y pérégriner, procédure qui se répète selon des modalités différentes pour chacun des sens. Le visiteur exprime alors ses différentes impressions (écriture, enregistrement verbal...). En outre, souvent il

leur est demandé de chercher un lieu particulier, de s'y rendre et de discuter, voire de confronter leurs impressions avec un résident du site.

Les parcours évaluatifs sont quant à eux en de nombreux points semblables aux parcours sensoriels sauf que la collecte de données *in situ* n'est pas nécessaire. Une carte ou une maquette est donnée à la personne interrogée et on lui demande de décrire le site, ce qu'il fait dans les différents espaces et ce qu'il ressent quand il traverse certains endroits. Indéniablement, cette dernière technique rappelle les cartes mentales et surtout rapproche des méthodologies plus « conventionnelles » de la psychologie : l'observation et cartographie comportementale (qui visent à comprendre, par le biais de l'observation, comment les gens se comportent dans un environnement et comment celui-ci peut influencer sur leurs attitudes), la simulation (qui vise à évaluer l'environnement en dehors du contexte environnemental) et les questionnaires (Uzzell et Romice, in Moser et Weiss, 2003, pp. 65-72).

Passant de la psychologie à la sociologie, pour P. Amphoux, les questions essentielles concernant les perceptions et représentations sonores s'énoncent comme suit : « *comment repérer les espaces publics qui sonnent bien dans la ville, comment identifier ceux qui lui confèrent une identité sonore ? Comment recueillir les perceptions, éparses, secrètes mais souvent redondantes qui la composent ? Et comment en extrapoler des critères de qualité sonore urbaine ? Ou encore : comment reconstruire l'intersubjectivité qui fonde une perception collective des espaces sonores ?* » (Amphoux, in Moser et Weiss, 2003, p. 203). Apporter des réponses à ces questions fait appel à la mémoire, à la perception et à l'interprétation. Et, au rang des approches méthodologiques les mieux adaptées pour répondre à ces questions, nous trouvons à nouveau les cartes mentales (*supra*), mais aussi l'enquête phonoréputationnelle et l'entretien sur écoute réactive.

L'enquête phonoréputationnelle « *consiste au travers de séances de réflexion réunissant des experts, des spécialistes de la ville, ainsi que des personnes ayant des raisons prioritaires d'avoir une sensibilité particulière à l'environnement sonore, à préciser les résultats obtenus préalablement ou parallèlement par la technique des cartes mentales* » (Amphoux, op. cit., pp. 208-209). L'entretien sur écoute réactivé, technique initiée par J-F. Augoyard, fondateur du laboratoire CRESSON (CNRS), consiste à faire écouter une bande son composée des séquences de la vie quotidienne des interviewés, durant laquelle et/ou à l'issue de laquelle on leur demande de réagir ou de décrire ce qui se passe.

Précisons qu'à la suite des applications méthodologiques mentionnées, plusieurs types d'analyses scientifiques peuvent être menées sur les différents matériaux ainsi construits. La psycholinguistique (LAM – Université Paris VI) propose par exemple une analyse sémantique des données langagières, produites par les individus (Dubois, Guastavino, Raimbault, 2004, p. 51). Cette méthode d'analyse permet le repérage des catégories sémantiques à la fois individuelles (relevant du champ de la psychologie) et partagées (appréhendées par la sociologie). C'est notamment grâce à ce type d'analyse que nous savons par exemple que le ressenti sonore est une fonction étroitement liée à la symbolique attachée à la source d'origine.

L'habitude veut que les pouvoirs publics considèrent ces savoirs et savoir-faire de la psychologie et de la sociologie comme trop abstraits, nichés dans les hauteurs confortables de la théorie. Pourtant, ces méthodes et techniques d'analyse ont déjà trouvé traduction opérationnelle. Nous ne prendrons ici que deux exemples, renvoyant aux attendus des

acteurs des débats aéroportuaires : un indicateur de qualité de vie et la cartographie des ambiances sonores.

11.1.2 Des savoir-faire opérationnels : trois retours d'expériences évaluatives

C'est ce type de méthodes et de techniques d'analyse, en l'occurrence ici la conjugaison d'entretiens exploratoires et d'enquêtes par questionnaires qualitatifs, qui a permis à la psychosociologie de proposer un indice de qualité de vie, forgé au contact des situations d'inconfort sonore, et depuis lors aussi confronté aux contextes aéroportuaires.

Un indicateur psychosociologique de qualité de vie : l'IQV de M. Periañez appliqué au bruit des avions à Orly et Roissy CDG

A la suite de travaux engagés dans les années 1970 au CSTB, poursuivis dans le cadre d'activités libérales, M. Periañez a développé un indice de qualité de vie (IQV), puis l'a appliqué lors d'une analyse secondaire menée pour l'ADEME en 2000 des 84 entretiens qualitatifs issus des trois pré-enquêtes psychosociologiques réalisées sur le vécu des situations sonores des riverains de Roissy CdG et d'Orly dans le cadre de la commande DGAC et MEDD mentionnée dans le Chapitre 2. Tome 1 (Periañez, 2000).

L'IQV se construit par la mise en parallèle de 8 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)

Son résultat peut être : très positif, positif, moyen, négatif, très négatif. Et, les résultats avancés par M. Periañez dans le cadre de ce travail sur le bruit des avions, mais surtout de ses travaux antérieurs centrés sur le bruit dans les logements, montrent tout l'intérêt de resituer les ressentis sonores dans le vécu individuel et social plus vaste de la personne. Un IQV positif peut venir moduler considérablement la déclaration de gêne, à niveaux sonores a priori comparables.

Ce type de méthodes a aussi permis de construire à Nantes depuis la fin des années 1990 une cartographie sonore qualitative tout à fait opérationnelle, fondée sur la notion de paysages sonores (introduite par R.M. Schafer). Fruit des travaux d'A. Léobon (Laboratoire CARTA de l'Université d'Angers) en termes de cartographie des ambiances sonores, poursuivis par des modélisations proposées par le CERMA (Ecole d'Architecture de Nantes) et le CRESSON (*supra*), cette cartographie porte sur quatre quartiers du centre-ville, et qualifie l'environnement sonore par croisement et alors pondération des niveaux sonores mesurés avec ce que les populations ont dit ressentir des attributs socio-urbains de la qualité sonore des lieux.

Après des relevés sonores précis et complets, un quartier est « phonographié ». Toutes les séquences sont écoutées et analysées en dressant la liste de tous les bruits. Ces bruits sont classés suivant six sources acoustiques :

- Bruit de fond. Il quantifie indirectement les notions de calme et de faux silence ;
- Activité mécanique. Elle révèle les bruits de moteur, de circulation automobile, les bruits de transport en général et les bruits de travaux ;
- Activité humaine. Elle signe les bruits liés aux activités quotidiennes des individus, aux actes qui ne relèvent pas de la simple fonction de passage, aux loisirs, etc.
- Bruits d'animaux et de la nature. Peu nombreux en ville, ils se réfèrent généralement aux espaces paysagers ;
- Présence humaine. Elle est relative aux indices de passage humain (pas, voix, etc.) ;
- Langage et communication. Ils rendent compte des messages sonores très interpellants tels que les signalétiques, les animations musicales, les conversations intelligibles, etc.

Ensuite, il y a établissement de « profils d'équilibre sonore ». En fonction de la répartition en quantité de telle ou telle catégorie dans un type d'espace sonore urbain donné, on assigne une couleur pour chaque type d'ambiance sonore :

- bleu : espaces sonores piétons, paysagers ou résidentiels,
- violet : espaces sonores paysagers sur bruit de fond circulé,
- vert : espaces sonores mixtes à dominante humaine,
- vert clair : espaces sonores mixtes à dominante humaine relativement animée,
- saumon : espaces sonores mixtes piétons et circulé sans signature sonore d'activité,
- jaune clair : espaces sonores mixtes piétons et circulé relativement animés
- jaune : espaces sonores très animés,
- orange : espaces sonores de type mixte à dominante circulé,
- ocre : espaces sonores de type mixte à dominante circulé avec animation,
- rouge : espaces sonores dominés par la circulation automobile.

Chaque couleur est alors appliquée sur le plan du quartier. On obtient alors une cartographie sonore d'un quartier. Ces cartes d'ambiances sonores sont ainsi des indicateurs de l'usage des espaces urbains. Et, la carte la plus intégrée présente, par l'entremise des environnements sonores, les spécificités territoriales des usages et pratiques des espaces. Cette spécification opérationnelle de l'environnement sonore, qui permet d'avoir sur un même document le type de sonorité, leur quantité relative par rapport aux autres sortes de bruits, et l'intensité en absolu, a alors pris place dans les réflexions relatives à l'urbanisme et notamment dans l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme (Loi Solidarité et Renouvellement Urbain de 2000)¹³.

Enfin, pour comprendre ce qu'est la tranquillité pour les populations en situation, et ce en vue de concevoir des projets d'aménagement, certaines expériences opérationnelles complètent les définitions « expertes » au profit d'une évaluation participative avec des acteurs en situation (*Participatory Appraisal*, PA).

¹³ www.paysage-sonore.net

L'évaluation participative est une approche centrée sur l'exploration des perceptions, représentations et pratiques de groupes de représentants de gouvernements locaux, dans leurs différents secteurs d'intervention - patrimoine, tourisme, protection du paysage, environnement - et d'habitants. Elle est conçue de manière à permettre notamment aux gens de s'exprimer avec leurs propres mots et ainsi de définir tout au long du processus leurs propres perceptions et représentations de ce qui fait sens. Elle cherche donc à éviter toute imposition extérieure, pour garantir une conception collégiale et acceptable du projet.

Plusieurs outils visuels et flexibles sont utilisés à cette fin, comme des plans, des schémas et des cartes. Le processus est interactif. Il permet aux personnes de toute catégorie et de compétences variées de s'impliquer à leur guise dans trois domaines : recherche, apprentissage et action collective. Un point très important de cette recherche participative est la vérification ex-post des résultats initiaux. Des présentations publiques permettent en effet aux habitants de vérifier ou valider les premières recherches. Et, les scénarios préférés sont identifiés par un vote simple. Pour un exemple fort intéressant de prise en compte opérationnelle par cette approche participative des perceptions, représentations et pratiques des habitants en situation, nous renvoyons au récent travail de la Countryside Agency - UK (2005).

Par ces deux derniers exemples au moins, nous trouvons traduction dans un champ plus large (l'urbain) de ce que la sociologie a préconisé il y a peu en matière de gêne sonore liée au bruit des avions : ce qui importe est sans doute de produire des indicateurs de bruit « concertés » et des représentations cartographiques du bruit qui en découlent. Suivant M. Leroux (2002), « *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* ».

11.2 Les dispositifs méthodologiques et indicateurs de la géographie sociale : la prise en compte des inégalités sociales et de l'attachement territorial

La géographie sociale (SET – Université de Pau et CRETEIL – Université Paris XII) propose d'approfondir la territorialité des perceptions, représentations et pratiques environnementales, territorialité dont il a été démontré qu'elle peut, par ces biais, interagir avec les vécus environnementaux. La question classique est : « *En quoi le fait de nourrir un sentiment affectif à l'endroit du territoire résidentiel (quartier, commune, aire des usages...), un sentiment d'appartenance au lieu de vie voire des croyances et pratiques identitaires de l'espace peut influencer sur les opinions, attitudes et comportements manifestés à l'endroit de l'environnement* ».

Ici, outre de nouvelles cartes mentales, enquêtes par entretiens ou questionnaires, deux méthodes ont été développées ces dernières années, en France mais aussi à l'étranger, sur la question du bruit, et notamment celui des avions.

Une méthode d'analyse spatiale des nuisances et de la gêne sonore liée aux bruits des transports a notamment été utilisée par B. Charlier (Charlier, 2002). Nous l'avons déjà évoquée dans le Chapitre 2. du Tome 1. Il prend pour exemple des communes de l'agglomération de Pau, concernées à la fois par des expositions sonores dues aux transports terrestres (voies ferrées, autoroutes, routes nationales, départementales et communales qui ont fait l'objet d'un classement sonore) et au transport aérien (mouvement commerciaux, non commerciaux, avions militaires et hélicoptères militaires, aviation de

loisir). Et, grâce à un Système d'Informations Géographiques – SIG composant avec des données de recensement de l'INSEE (IRIS, 2000), trois zones différentes de gêne ont été élaborées.

Non seulement, comme cela a déjà été indiqué pour les nuisances sonores et la gêne dues aux trafics aériens, la répartition des zones de gêne déclarée ne correspond pas à la répartition des zones de « gêne potentielle » (périmètres légaux de contraintes à l'urbanisme, ou PEB). Ce n'est donc pas au plus près des installations aéroportuaires que la gêne déclarée est la plus importante. Quelques grands principes sont utilisés :

- Grâce à l'analyse spatiale des distributions de catégories de gêne et l'examen des profils socio-démographiques des personnes se déclarant gênées, leur éco-sensibilité (cf. travaux de l'Institut Français de l'Environnement), le choix d'habiter ou le choix de rester sont pour Charlier des facteurs influant sur la gêne exprimée ;
- Charlier utilise par exemple, comme Lecourt (ESO – Université de Rennes II) la localisation des militants associatifs et plusieurs informations les concernant comme indicateur de gêne réelle et non plus présumée par zonage acoustique.

Pour Deprez et Bourcier (2004), eux-mêmes géographes de formation, 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. Ainsi permet-il :

- 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.

Dans une perspective peut-être moins descriptive et plus explicative offerte par la géographie sociale ou encore la sociologie urbaine, mentionnons l'existence d'une autre méthode, visant à révéler les dimensions collectives, notamment socio-politiques, des relations qu'entretiennent les populations à l'environnement. Il s'agit de processus délibératifs réunissant un échantillon d'une population donnée en vue de faire émerger les facteurs socio-environnementaux susceptibles de construire de telles relations, et notamment les représentations sociales de l'action publiques et les pratiques collectives qu'elles motivent parfois.

Cette méthode est un bon complément aux autres procédés de sciences humaines et sociales, particulièrement bien adaptée aux situations collectives de charges et ressentis environnementaux, faisant l'objet d'emprises collectives (associations, couverture médiatique...). Déjà appliquée au bruit des avions, et notamment en 2003 pour Eurocontrol en amont de la réalisation d'une évaluation du coût social à partir des préférences déclarées (Bristow et Wardman, 2003), elle a été couplée avec un dispositif d'enquête par questionnaires et mise en œuvre auprès de certaines populations riveraines d'Orly (op. cit.).

Indicateur d'attachement territorial comme facteur de vécu sonore : les focus groups organisés autour d'Orly (Faburel, coll. Leroux et Colbeau-Justin, 2000 ; Faburel 2003c)

Le croisement de certains des résultats d'enquêtes (questions ouvertes complétées d'une analyse lexicographique) menées en 1998-1999 dans 6 communes du Val-de-marne exposées au bruit des avions (Chapitre 2. Tome 1), avec les discours livrés par les riverains d'Orly dans le cadre des processus délibératifs organisés à cet effet en 2000 pour la Direction de la Recherche du ministère des Transports et le PREDIT, montre que, d'un point de vue plus collectif, l'ancrage résidentiel constitué par l'appartenance à un réseau de sociabilité et notamment la parentèle, 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.

Et, plus on se sent appartenir à un lieu, à un quartier, et ce anciennement, plus la gêne sonore est élevée. En fait, dans ce contexte d'attachement, le bruit des avions, et le trafic aérien en général, sont perçus comme intrusifs dans le rapport affectif au cadre de vie. L'organisation de réunions de groupes, associée à une analyse de géographie sociale (Di Méo, 1998 ; Di Méo Buléon, 2003) a permis la mise en lumière de l'interaction de l'attachement territorial avec des vécus et ressentis environnementaux qui, par-delà la gêne sonore exprimée, traduisent des rapports spécifiques aux territoires de vie.

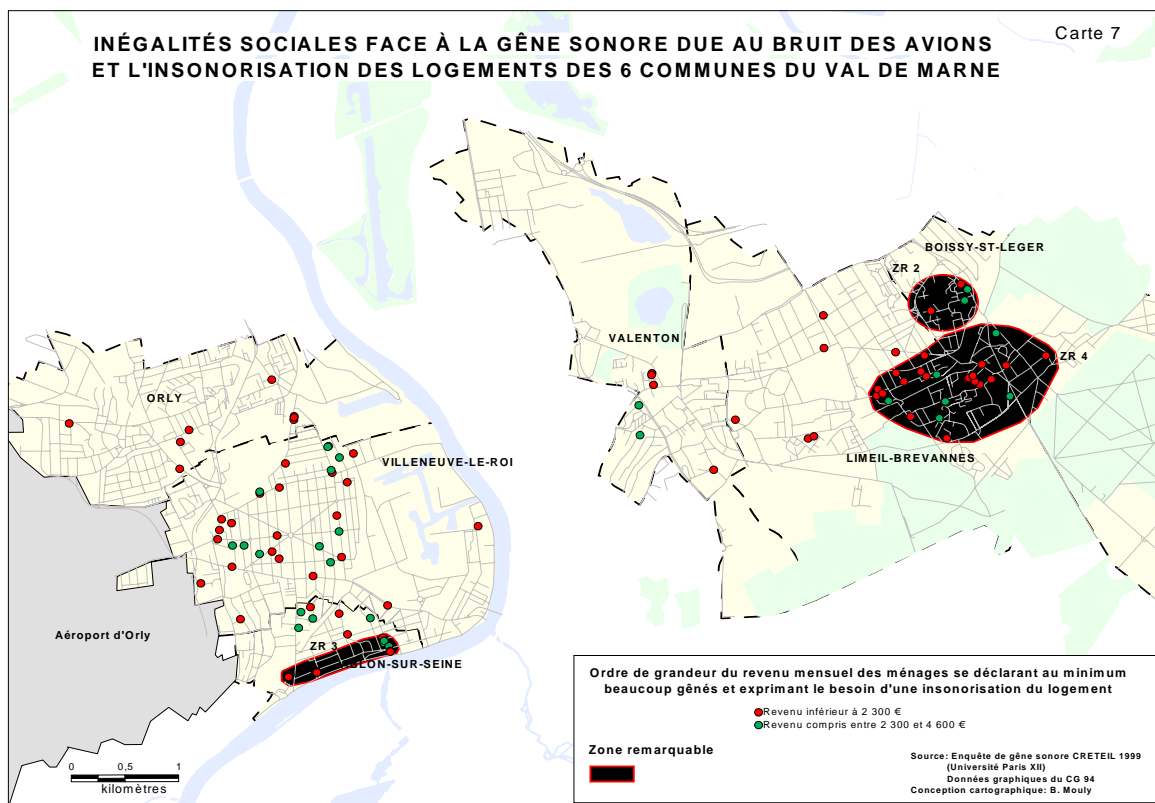
Depuis lors, les auteurs ont insisté sur la matérialité territoriale de la gêne ressentie, matérialité à la fois une organisationnelle (ou politique) et existentielle (ou affective). Ce sont deux composantes supplémentaires, en interaction, qui, par l'entremise du concept de territoire, peuvent aussi éclairer la compréhension de la gêne, et aider à construire un indicateur complémentaire à la gêne exprimée (*highly annoyed*, perturbations comportementales...) : indice d'attachement territorial croisant l'ancienneté résidentielle, la militance ou connivence associative et les représentations sociales de l'action publique.

De la rencontre de ces deux approches de la géographie sociale peut alors découler une lecture spatiale servant, de manière pré-opérationnelle, à définir les contours de nouveaux territoires, sur lesquels peuvent dès lors aussi être pensées des actions ciblées.

Spatialisation de variables explicatives de la gêne : l'apparition d'autres territoires (Faburel et Mouly, 2003)

L'approche par l'utilisation d'un Système d'Informations Géographiques a aussi été développée autour d'un aéroport francilien, non seulement en spatialisant les données d'une enquête menée en 1998 et 1999 à proximité d'Orly (*supra*), mais surtout en spatialisant des croisements statistiques de variables territoriales explicatives de la gêne sonore déclarée.

La carte suivante livre un exemple des croisements possibles entre variables explicatives pour pouvoir définir de manière opérationnelle des espaces prioritaires pour l'action. 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 : fondées sur le vécu sonore, et non seulement l'exposition acoustique.



11.3 Les dispositifs méthodologiques et indicateurs de l'économie de l'environnement : la compensation comme application du principe de justice environnementale

Comme indiqué précédemment, deux méthodes sont à ce jour recommandées par la recherche et les instances officielles pour évaluer le coût des dommages des impacts environnementaux, des transports par exemple : la méthode d'évaluation contingente – MEC - et la méthode des prix hédoniques - MPH. Et, ces deux méthodes ont déjà fait l'objet pour la première d'une application et pour la seconde de deux applications au bruit des avions en Ile-de-France (Chapitre 7. du Tome 1).

Ces méthodes reposent sur la mesure des consentements à payer - C_àP - déclarés par voie d'enquête (MEC) ou révélés par analyse des valeurs immobilières (MPH), C_àP que l'économie de l'environnement considère comme l'indicateur universel d'évaluation des coûts sociaux. En outre, un autre indicateur, fruit de l'application de la méthode des prix hédoniques, donc du recours à l'économie de l'environnement, a d'ores et déjà indirectement servi pour définir des politiques aéroportuaires : le *Noise Depreciation Index* (NDI cf. Chapitre 6. Tome 1). Or, ce dernier indicateur a pu, dans certains cas aéroportuaires, irriguer les débats, au point de conduire à des mesures spécifiques.

11.3.1 La reconnaissance juridique de l'indemnisation individuelle : le cas de la Suisse

Dans certains pays, comme la Suisse, qui indemnisent les riverains subissant des nuisances sonores particulièrement importantes, propres à dévaloriser leurs biens immobiliers, les évaluations monétaires servent de base pour calculer les « compensations monétaires » ou indemnités individuelles (cf. les aéroports de Zurich – Kloten et de Genève – Cointrin).

Cette compensation financière n'est pas systématique et se confronte à une jurisprudence fédérale encore floue, mais en évolution. Pour prétendre à une indemnité, la situation du riverain propriétaire doit se conformer à de strictes conditions d'antériorité, de spécialité et de gravité. A Genève, la politique d'indemnisation date de 1995 et ne concerne qu'un segment de la population propriétaire (Gobert, 2005).

La justice qui doit juger d'un droit à l'indemnité prend soin à être extrêmement précise dans sa description des processus dépréciatifs : en Suisse, le vocabulaire idoine se décline en « expropriation matérielle » et en « expropriation formelle des droits de voisinage » (concepts juridiques qui ne se confondent pas avec l'expropriation française).

La première se reconnaît quand l'instauration des zones de bruit autour de l'aéroport entraîne des restrictions sur la propriété foncière, équivalentes à une expropriation et qui donnent lieu à indemnité. De fait, le propriétaire peut jouir de son bien mais n'a plus de marge de manœuvre pour l'aménager comme il l'entend. La deuxième forme « d'expropriation » correspond à une situation où les immissions sonores sont excessives et empêchent un usage normal d'un bien et/ou entraîne sa perte de valeur et d'utilité.

L'indemnité comprend une partie en nature (le coût de l'insonorisation du logement) et une partie financière : « *La valeur de l'immeuble des expropriés à la période déterminante - soit en automne 1985 (cf. décision du 10 octobre 1995, ATF 121 II 350 consid. 6d) - doit ainsi être estimée, en premier lieu, en faisant abstraction des nuisances causées par l'exploitation de l'aéroport. Cette estimation porte d'une part sur le terrain, et d'autre part sur les bâtiments. Les annexes qui ne servent pas à l'habitation (garage, serre) n'entrent pas en ligne de compte, leur utilisation n'étant pas influencée par le bruit du trafic aérien.* » (Arrêt de la 1^e Cour de droit public, 24 juin 1996, consorts Favre contre Etat de Genève et Commission Fédérale d'estimation du 1^{er} arrondissement).

En août 2004, le Tribunal fédéral a également reconnu le droit à indemnité de 126 propriétaires de la commune d'Opfikon (riveraine de l'aéroport de Zurich-Kloten), valable seulement pour les terrains achetés avant 1961, c'est-à-dire avant l'arrivée, l'exploitation massive et la reconnaissance publique des effets des avions à réacteur. Dans cette même ville, alors que les locataires réclamaient une baisse de loyer en invoquant l'augmentation des immissions sonores, le service de médiation ne leur a donné raison qu'une seule fois en mars 2001 (le loyer d'un riverain d'Opfikon a été réduit pendant deux mois de 30 % en raison du vrombissement permanent des avions).

La politique suisse d'indemnité individuelle a cependant montré ses limites à court et moyen termes. Elle n'endigie pas, dans une phase postérieure, les plaintes des riverains subissant les effets du bruit et ne met pas un terme aux conflits d'usage.

Précisons que, sur le sujet, plus large, des redistributions et transferts économiques en situation de dégradation environnementale, la littérature scientifique est assez prolifique et s'est notamment d'assez longue date ouverte aux clefs de répartition, dans une perspective

d'équité sociale et environnementale. Mentionnons à ce titre les travaux fondateurs de Young (1994), sur l'allocation équitable des ressources. 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 (*supra*), se posent des questions délicates : Comment arbitrer ? Quelle clef de répartition appliquer pour garantir une certaine équité ?

11.3.2 L'ancienneté résidentielle comme variable de justice environnementale

Young propose, s'inspirant en cela des travaux de A. Sen (Prix Nobel d'Economie), d'appliquer à la compensation individuelle, un principe de proportionnalité qui tient compte du rôle des 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 également l'optimalité allocative, non plus Paretienne mais Senienne (Chapitre 5. Tome 1), c'est à dire centrée sur le caractère juste de ces transferts. Cette tentative vise alors aussi à contourner le problème posé sur la définition de critères précis permettant de traduire ces préoccupations socio-environnementales dans des critères d'optimalité des politiques d'aménagement (Christopher, Foreman, 1996) (cf. *infra*).

Dans cette quête de critères de redistribution, remarquons que la justice suisse prend appui, de manière tout à fait opérationnelle, sur l'ancienneté d'habitation pour évaluer la légitimité des recours contentieux. Ce critère, dont l'influence sur la gêne ressentie a été montrée à plusieurs reprises (Chapitre 2. Tome 1), et qui traverse certaines réglementations en vigueur (PGS), pourrait ainsi s'affirmer comme un indicateur de clef allocative de dédommagement individuel, voire de compensation territoriale.

Cette idée fait aussi suite aux travaux de Gillen et Levesque (1994) concernant la probabilité de l'émission de plaintes auprès des autorités et de l'opérateur aéroportuaire (Pearson International Airport de Toronto) et les facteurs résidentiels pouvant l'expliquer. Elle trouve traduction dans quelques produits scientifiques dont nous avons rendu compte précédemment (Chapitre 7. Tome 1) : non seulement autour d'Orly (Faburel, 2002), dont la densité et l'historique des tissus urbains alentours invitent à cette réflexion, mais aussi autour d'Amsterdam Schiphol, qui a connu une densification rapide sur les dix dernières années (Van Praag et Baarsma, 2005).

Quelques facteurs explicatifs des consentements à payer : le cas de la gêne à Orly (Faburel, 2001 et 2002)

A la suite de l'application de la méthode d'évaluation contingente (Chapitre 7. Tome 1) aux pourtours Val-de-marnais d'Orly en 1998-1999, il ressort de traitements statistiques spécifiques (croisement des modèles explicatifs des consentements à payer - CàP et de la gêne sonore), que l'ancienneté résidentielle, donc la date d'emménagement, expliquerait pour partie la gêne déclarée par l'échantillon enquêté, et alors augmenterait le consentement à payer des ménages pour une diminution du bruit. Voici effleuré ce que pourrait être une clef de répartition pour compenser le vécu de populations domiciliées de longue date aux abords d'Orly. Les compensations ou dédommagements individuels pourraient alors être adaptés aux situations particulières de riverains, par exemple : définir des indemnités qui prennent en compte l'antériorité et l'ancienneté de résidence (pour les retraités ayant fait le choix de rester par exemple) et/ou selon le sentiment d'appartenance territoriale des populations (*supra*).

« L'utilisation du produit des prélèvements décrits ne pourrait-elle pas être pondérée selon la date d'emménagement dans les locaux d'habitation ? Les résidents de longue date à proximité de l'aéroport, qui pour certains allèguent un droit de propriété sur la qualité de l'environnement, sans à l'inverse bénéficier de contreparties conventionnelles (ex : offre d'emplois), ne pourraient-ils recevoir des indemnités représentatives de cette « antériorité » » (Faburel, 2002).

Van Praag et Baarsma (2005) ont cherché à évaluer le coût social du bruit à partir d'une mesure empirique des CàP, suivant en cela aussi les recommandations en la matière (cf. Chapitre 7. Tome 1). Surtout, ils ont opéré un couplage méthodologique entre la méthode des prix hédoniques – MPH (Chapitre 6. Tome 1) et un procédé plus qualitatif, déclaratif, ouvert à la gêne et au bien être environnemental. Les auteurs justifient de deux manières le recours à ce couplage :

- non seulement du fait des limites intrinsèques de la MPH pour couvrir seule l'ensemble des coûts de non-usage de l'environnement (c'est notamment probable quand les individus sont dans une situation où les coûts physiques et/ou psychologiques de transaction liés à un changement de situation (Chapitre 6. Tome 1) sont élevés - ex : attachement à son logement),
- mais aussi dès lors par la quête de la valeur totale de biens non marchands, en vue de penser la compensation monétaire des riverains d'Amsterdam Schiphol.

Grâce aux traitements statistiques opérés et les corrélations identifiées entre les phénomènes sonores, la gêne déclarée et le bien-être exprimé, les auteurs disposent de clefs de modulation des montants monétaires tirés de l'application de la méthode des prix hédoniques (nouvelles régressions). De l'usage de ces clefs découle une proposition de montants de compensations complémentaires à la couverture des dépréciations déjà mesurées : selon la localisation des ménages, 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.

Précisons ici que d'autres facteurs explicatifs des CàP déclarés (méthode d'évaluation contingente) ou révélés (méthode des prix hédoniques) ont bien évidemment été identifiés par la recherche. Outre les variables en lien avec le vécu environnemental, nous trouvons assez logiquement dans nombre de résultats d'évaluation des facteurs socio-économiques : le revenu du foyer, la taille du ménage ou encore le statut d'occupation du logement (Bjørner, 2005). Mais, l'application de ces variables comme indicateur pour l'allocation optimale de dédommagements individuels ne répondrait pas à l'objectif de justice environnementale vers laquelle l'économie de l'environnement s'ouvre à ce jour (Feitelson, 2002).

Il en résulte la corrélation et alors le complément compensatoire suivants : si Ku augmente de X %, le revenu doit augmenter de Y % pour conserver le même bien-être.

Total Yearly Amount of Compensation

<i>Ku</i>	Number of households concerned*	Average monthly compensation per household concerned €	Total yearly amount of compensation € mn
>20	148,063 (17.9%)	56.63	100.62
>25	80,478 (9.7%)	41.46	40.04
>30	26,734 (3.2%)	29.90	9.59
>35	11,851 (1.4%)	20.90	2.97
>40	6,030 (0.7%)	17.13	1.24

*In absolute numbers and (in parenthesis) as a percentage of the total population in the Schiphol region.

Enfin, dans une perspective toujours opérationnelle, pour information, ces montants sont rapportés au nombre de vols commerciaux ou au nombre de passagers. 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.

Coût des dommages dus au bruit : 1 euro par passager à Orly (Faburel, 2002 actualisé 2005)

A la suite l'application de la méthode d'évaluation contingente à Orly, confirmée depuis lors par l'application de la méthode des prix hédoniques aux valeurs immobilières dans le même contexte socio-spatial 2004 (Chapitre 7. Tome 1), les montants de CàP produits permettent d'estimer qu'une augmentation de 40 cts 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.

11.3.3 Le taux de ventes à perte comme indicateur d'effets immobiliers et comme clef de redistribution ?

Toujours dans l'optique d'identifier de nouveaux indicateurs émanant de l'économie, et ce dans la logique de justice environnementale qui traverse les questionnements scientifiques, mentionnons l'existence de la notion de ventes dites à perte. Puisque, comme indiqué dans le Tome 1 (Chapitre 7.), les impacts immobiliers du bruit sont tangibles, mais que, néanmoins, leur mesure bute beaucoup sur la relativité des indices acoustiques à pouvoir rendre compte de la gêne (Chapitre 10.), les ventes à perte apparaissent comme un indicateur à débattre, notamment dans le cadre de la recommandation de l'ACNUSA (2005) de créer un fonds de garantie des dévalorisations immobilières.

Evolution des prix de l'immobilier dans des communes nouvellement survolées par les avions : l'intérêt des ventes à perte comme indicateur (Faburel et Maleyre, 2005)

Menée pour le compte de l'ACNUSA, cette étude a construit une fonction hédonique sur la base de l'observation de plus 11 500 transactions (CNP) intervenues depuis 1996 sur neuf communes nouvellement survolées (Chapitre 6. Tome 1). Il s'agissait de déterminer l'influence du bruit sur les indices des prix du logement et plus particulièrement les répercussions des ré-affectations de couloirs aériens en 2001.

Outre quelques différences notables en termes d'évolution de l'indice des prix, comparativement aux départements d'appartenance (*supra*), l'observation des ventes à perte semble permettre d'identifier plus finement les situations de pertes nettes de capital immobilier : alors que dans les communes observées, leur nombre est stable depuis l'instauration des nouveaux couloirs¹⁴, il baisse substantiellement dans les communes proches, moins survolées, composés de tissus socio-spatiaux comparables.

11.3.4 L'ancienneté résidentielle comme indicateur et clef de compensation collective, au nom du développement durable

Des réflexions en termes de compensation territoriale commencent alors à émerger, en Suisse mais aussi en Allemagne. « *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).

Il est vrai que :

- comme dit dans le Chapitre 2. du Tome 1, le vécu sonore puise peut-être autant dans des dimensions collectives propres aux sociétés locales et territoires de résidence (satisfaction dans le quartier, modes de vie...) que dans des facteurs strictement individuels (économiques, démographiques...);
- que, comme décrit plus, 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.

Nous relayerons ici pour exemple quelques éléments d'entretiens menés avec des acteurs territoriaux et associatifs du cas de Francfort Rhin-Main¹⁵.

¹⁴ Pour information, il en existe toujours de l'ordre de 5 à 7 % des transactions, quels que soient les contextes (ventes précipitées pour cause de décès, de divorce...).

¹⁵ Ce cas a fait l'objet, comme Genève Cointrin et Zurich – Kloten en Suisse (Gobert, 2005) ou Sydney Kingsford Smith, d'observations de terrain (Lévy 2005), dans le cadre de la recherche en cours mentionnée dans le Chapitre 8. : *Aéroport, environnement et territoires (AET), quels indicateurs d'environnement pour*

Les acteurs locaux, communes et associations, francfortois déplorent une absence de diversité des indicateurs existants – et donc des connaissances qui les sous-tendent. Le développement d'indicateurs basés sur d'autres champs que l'acoustique rendrait possible selon eux d'interroger différemment les territoires d'accueil de la plate-forme, en fonction de critères d'évolution aujourd'hui peu connus. Ces acteurs acceptent par exemple les données acoustiques, mais réclament leur adaptation afin de mieux rendre compte la gêne réellement ressentie par les habitants. Ils pensent également à toute une série d'indicateurs rendant compte des diverses dimensions de la réalité territoriale.

La santé, dont le caractère scientifique et quantifiable assure selon eux une certaine objectivité, arrive en première place. Le facteur risque ensuite, lequel peut être cartographié. En troisième position apparaît le besoin d'observation de l'évolution des valeurs immobilières, des dynamiques résidentielles et démographiques. Celles-ci sont sollicitées au même titre que le suivi de la qualité de l'environnement. Enfin, certains acteurs revendiquent un élargissement de la dimension économique : les impacts de l'aéroport ne devant pas être limités aux emplois induits, mais également prendre en compte les effets sur l'économie des communes (perte fiscales liées aux départs de population, au renouvellement de la structure sociale et démographique, aux moindres implantations d'entreprises de conception, à la diminution de la qualité de vie etc.).

De tels indicateurs pourraient selon les acteurs interviewés offrir les conditions d'un débat sur ces évolutions et ainsi servir à l'élaboration d'actions différentes de celles menées aujourd'hui assez classiquement, lesquelles ne suffisent pas à faire diminuer l'insatisfaction de la population locale. *« Nous les avons mentionnés (les indicateurs non acoustiques) dans nos objections lors du processus de médiation... Fraport devrait les prendre plus au sérieux. (...) Leurs mesures de compensation sont largement insuffisantes, voire ridicules »* (Entretien avec Hattersheim).

Dans ce contexte, les acteurs locaux des pourtours de l'aéroport de Francfort Rhin-Main remettent alors en cause la possibilité d'un développement durable de leur territoire. Une approche « durable » du problème impliquerait selon eux que soient prises en compte les dimensions sociales et environnementales des territoires dans toute leur diversité. Sans un élargissement des perspectives et considérations portées aux territoires d'accueil de l'aéroport ainsi que des mesures les concernant, la population et ses représentants (les élus tout comme les associations) ne peuvent donc considérer que l'aéroport s'engage vers un développement durable de son activité et de la plate-forme (Lévy, 2005).

Or, les mêmes indicateurs et les mêmes méthodes de l'économie de l'environnement permettraient, en théorie aussi, de cheminer dans le sens de compensations plus collectives et territoriales, sujet qui émerge dans de plus en plus de demandes et débats locaux.

Par exemple, en termes méthodologiques, comprendre les motivations résidentielles des ménages (fondement de la méthode des prix hédoniques), c'est aussi renseigner les compromis tacites qu'ils opèrent au moment du choix entre les différents attributs externes du logement. C'est alors non seulement donner la possibilité d'éclairer le rôle de la sensibilité au calme, les craintes relative à la gêne sonore (Chapitre 9.)... mais aussi de renseigner l'effet des attributs telles que la densité de l'offre de services publics et d'emplois, en relation plus ou moins directe à la proximité de l'aéroport et à l'évolution congruente des territoires (Chapitre 5. Tome 1). Dès lors, nul doute a priori que les

quelles concertations avec les acteurs locaux et les riverains ? Retour d'expériences étrangères en matière de développement durable des sites et aires aéroportuaires.

transactions cognitives et sociales opérées par les ménages entre d'une part leur environnement sonore et, de l'autre, les autres attributs du cadre de vie, la fonctionnalité des lieux (accessibilité, proximité des commerces et services...) ou encore la qualité du voisinage pourraient aider les pouvoirs publics à bâtir des actions mariant la diversité de leurs compétences territoriales, en plus de la seule réponse technique.

Et, au titre cette fois-ci des indicateurs, l'ancienneté d'habitation est aussi l'un des attributs de ces dynamiques locales, par l'évolution des tissus résidentiels qu'elle anime. Voici alors aussi suggérée une clef de redistribution pour affecter des compensations aux communes : leur historicité et développement.

11.3.5 La valeur de l'année de vie comme clef et indicateur de mesure du coût des effets de la pollution atmosphérique sur la santé

L'Indice Pollution Population (IPP) a été proposé en février 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 (Chapitre 9).

Des travaux récents du GREQAM et de l'EUREQA ont alors cherché à affecter de manière empirique (méthode d'évaluation contingente) une valeur monétaire à cet indice à partir de la Perte d'Espérance de Vie (PEV), issue de résultats de recherches épidémiologiques (Chapitre 4. Tome 1), et de la Valeur de l'Année de Vie (VAV) spécifique aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique due aux transports (valeur retenue : 50 000 Euros).

Il en ressort une estimation du point d'IPP par polluant (ex : 26,2 Euros par personne pour le NO₂). Ceci permet une valorisation monétaire des impacts sanitaires à partir des données d'émissions et d'exposition, données qui composent à ce jour l'essentiel des informations environnementales disponibles en matière d'effets des transports sur l'environnement (Chapitre 9).

Ce croisement de données, à des fins de monétarisation, peut aussi être appliqué à la Valeur d'Evitement d'un Décès (VED) pour cause d'effets sur la santé de la pollution atmosphérique (mortalité), ou encore aux maladies particulières, sans conséquence de décès (morbidité). Nous renvoyons pour ce faire aux valeurs monétaires livrées dans le Chapitre 7. du Tome 1 de ce rapport.

Remarquons que ce type de croisement n'est pas incompatible avec les « modèles additifs généralisés », qui permettent l'analyse de séries temporelles et alors la prise en compte d'un certain nombre de facteurs de confusion, que sont par exemple les épidémies de grippe, l'évolution des conditions météorologiques, ou encore les périodes de pollinisation.

Surtout, 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 bénéfice net actualisé du projet (Ministère de l'Ecologie, 2005, p. 3).

Mais, les évaluations coûts-avantages (importées du monde anglo-saxon *Cost-Benefit Analysis*), ne sont pas les seules évaluations qui pourraient bénéficier de ce type de modèles de prévision appuyés sur des indicateurs de pression et de dommages sanitaires.

Cherchant, dans une perspective de développement durable, à développer des lectures multidimensionnelles, rendant compte de la diversité des situations socio-spatiales,

d'autres procédures d'encadrement d'observation pourraient surtout être mobilisées, en dehors de leur strict commandement réglementaire (projet d'aménagement ou d'équipement d'envergure).

Prolongeant les Etudes d'Impacts sur l'Environnement, la *Health Impact Assessment* et la *Risk Analysis* offrent aussi 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, tout en levant les hypothèques de la mono-disciplinarité évoquées plus haut (Chapitre 10.). C'est d'ailleurs ce que recommandent les discours émanant de l'épidémiologie mais aussi ceux provenant de l'analyse de risque dans ses relations à la décision publique.

En fait, si l'épidémiologie se focalise sur les relations entre facteurs de risques (déterminants, exposition) et les conséquences sanitaires, la *Health Impact Assessment* - HIA - et la *Risk Analysis* - RA - et l'Analyse Comparative de Risque (ACR)¹⁶ considèrent quant à elles la manière dont ces facteurs seront affectés par un équipement, un aménagement... telle que la construction ou tel que l'agrandissement d'une infrastructure. Cet objectif nécessite alors d'incorporer, de manière néanmoins scientifiquement fiable, une grande variété d'informations et de donner plus de poids à l'appréhension du risque afin de le prévenir. "*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, 2002, p. 6).

C'est au début des années 90 qu'a émergé une littérature sur la HIA en Grande-Bretagne, au Canada et, depuis lors, la RA et l'ACR aux Etats-Unis (reconnue par voie réglementaire : *Executive Order on Environmental Justice* de 1994), lorsque que les Etudes d'Impacts sur l'Environnement sont en vigueur dans tous les pays, pour tout projet d'envergure, depuis la fin des années 1960 et le milieu des années 1970.

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.

¹⁶ Défini par l'OMS comme « l'évaluation systématique des changements dans la santé de la population qui résulte de la modification de l'exposition des populations à un facteur de risque ou à un groupe des facteurs », le risque peut être interprété globalement comme la probabilité d'occurrence d'un effet (Kjellstrom et al, 2003).

Elles permettent alors aussi d'intégrer en amont de la réflexion des « profanes », 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). Et, concernant par exemple les effets de la pollution atmosphérique, des organes sont à ce jour en France en place, pour œuvrer dans ce sens (ex : les Conseils Départementaux d'Hygiène).

Or, certains plans pour la gestion et le développement des aéroports ont, de manière plus ou importante, mobilisé de telles procédures opérationnelles, à Amsterdam ou à Oakland par exemple (Dowlin, 2004).

12. En guise de conclusion intermédiaire : vers des indicateurs de développement durable ?

A notre connaissance, à ce jour, un seul aéroport a engagé un travail d'intégration des différentes familles d'effets décrites dans le Tome 1, par des indicateurs, dont certains présentés dans ce Tome 2. Certes, l'examen des situations aéroportuaires doit se poursuivre. En outre, cette intégration ne saurait être transférable en l'état aux cas franciliens, tant les spécificités socio-politiques et culturelles impriment leurs empreintes sur les enjeux du débat. Toutefois, le Vienna International Airport a mené un travail visant à réaliser un modèle intégré de développement durable des activités aéroportuaires.

Le groupe de travail chargé d'étudier les différents scénarios de construction d'une nouvelle piste s'est donné pour objectif de comparer leur efficacité en termes de développement durable. Il a donc tout d'abord défini une série de thèmes potentiellement représentatifs de l'évolution des territoires autour de la plate-forme en prenant en considération les trois dimensions du développement durable : l'environnement, l'économie et le social.

Ces thèmes ont été définis en fonction de leur pertinence pour décrire le caractère durable du développement de l'activité aéroportuaire. Ils ont également pour certains d'entre eux permis de développer les connaissances, c'est-à-dire d'enrichir les bases de données sur des thèmes encore peu pris en considération, mais faisant l'objet de demandes croissantes de connaissances.

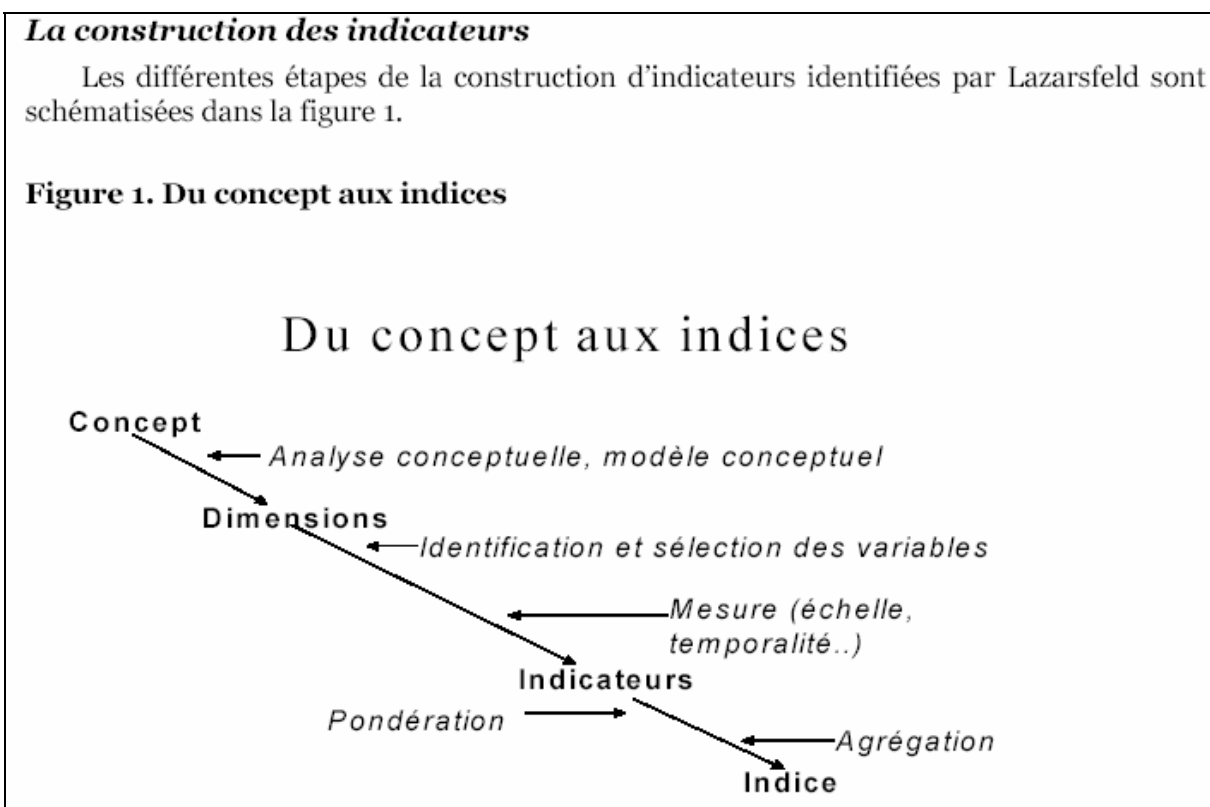
Modèle intégré de développement durable (Vienna International Airport)

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

Toutefois, ce modèle et les indicateurs qui a priori le fondent ont certes permis de comparer sur quelques points isolés les avantages et les inconvénients des différentes variantes de pistes envisagées, mais ils n'ont pas donné lieu, finalement, à un réel modèle intégré, et encore moins à l'élaboration d'un indice global de développement durable utilisé dans la décision. « *On a essayé de peser le pour et le contre mais les avis différaient sur l'importance de tel ou tel points : déterminer si les avantages étaient finalement plus importants que les inconvénients s'est avéré trop difficile. L'étude n'a pas été vraiment close car il était un impossible de faire un calcul mathématique final, qui aurait fait la somme de tout. On n'a pas créé un indice global intégré, avec un pourcentage pour chaque point, un poids plus ou moins important.* » (Entretien réalisé par Lisa Lévy, avec la FWAG).

Tous les acteurs se sont néanmoins rencontrés et entendus sur le thème du bruit. « *Il est apparu évident que c'était le principal point à prendre en compte et donc le seul réellement valable sur lequel s'appuyer pour prendre des mesures* ». (op. cit.).

La Commission Européenne (2002) insiste sur le fait que des dispositifs sont plus propices, par l'encadrement, la programmation et le séquençage qu'ils proposent, à l'élaboration d'un tel modèle intégré d'indicateurs de développement durable. Les Agendas 21 locaux figurent au premier rang des dispositifs idoines pour mettre le schéma classique de construction des indicateurs en pratique, mais ce de manière concertée.



Source : Lazarsfeld, cite in Boulanger (2004)

Références bibliographiques

- ACNUSA, 2006, *Rapport d'activités 2005*, Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaires, 64 p. hors annexes
- Acouphen, 2004, pour Observatoire de l'Environnement Sonore du Val-de-Marne, DES
- 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.
- AFSSE, 2004, *Impacts sanitaires du bruit - Etat des lieux - Indicateurs bruit-santé*, Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale, 304 p.
- Amphoux P., Leroux M. (Coll. J.L. Bardyn, A. Blanc-Tailleur et P. Liochon), 1989, *Le Bruit, la plainte et le voisin*, Paris, Ministère de l'Environnement, CRESSON, 2 tomes, 277 et 190 p.
- Baumol et Oates, 1988, *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Beaumont J. Lesaux S. Robin B., Polack JD, Pronello C., Arras C., Droin L., 2004, « Pertinence des descripteurs d'ambiance sonore urbaine », *Acoustique et techniques* n°39, pp.4 à 7
- Bjørner T. B., 2004, « Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction », *Transportation Research Part D*, 9: 341-356.
- 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.
- Bristow A.L, Wardman M. et al., 2003, *Attitudes to Aircraft Annoyance Around Airports (5A)-Survey Report*, EUROCONTROL, july, 178 p.
- Burton N.J.S., 2004, *Methods of assessment of aircraft noise*. A project in partial fulfilment of the requirements of the degree of Master of Science in Environmental and Architectural Acoustics, London South Bank University, Department of Engineering Systems, 99 p.
- Cer2d, 2004, *Indicateurs de développement durable*, Etude réalisée pour la Direction générale de l'Industrie, des Technologies de l'Information et des Postes, Document final, 140 p.
- Charles, L., 2005, 'Table Ronde 2- débat sur la mise en place d'actions en Ile-de-France pour réduire la pollution atmosphérique liée aux transports', *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
- Christopher H., Foreman J., 1996, "A winning hand: The uncertain future of environmental justice", *The Brookings Review*, pp. 22-25.
- Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit, 2004, *Etat des lieux de l'impact sonore de l'activité aéroportuaire d'Orly*, Rapport pour le Conseil Général du Val-de-Marne, 184 p.
- 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

- CNDD, 2004, *Indicateurs de développement durable : lesquels retenir*, Rapport du groupe de travail interministériel sur les indicateurs, 18 mars, 77 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 J.M., Vallet M., Mosnier A., Trucy D., 1999, "Airport noise and epidemiological study of health effects: a feasibility study", *Inter-Noise 99 - The International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, Fort Lauderdale, Florida, USA, p. 1327-1330.
- 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, pp.1537-1565.
- 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).
- Cordeau E., Moulinié C.e, 2004, « Les nuisances aéroportuaires: réalités et perceptions », *Les Cahiers de l'IAURIF n°139-140*, pp.182-189.
- Countryside Agency (The), 2005, *Understanding tranquillity, The role of Participatory Appraisal consultation in defining and assessing a valuable resource*, march, 4 p.
- 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.
- Dewey J., 2003, *Le public et ses problèmes*. Publications de l'université de Pau. Farrago/Editions Léo Scheer (1927).
- Château-Thierry A-V., Rallo N. (DGAC), 1998, *La maîtrise des nuisances sonores sur les aéroports européens*, Ed. La documentation Française, 41 p. (+ annexes) ;
- Di Méo G., Buléon P, 2005, *L'espace social – Lecture géographique des sociétés*, Armand Colin, 295 p.
- Di Méo G., 1998, *Géographie sociale et territoire*, Nathan, « Fac. Géographie », 325 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 n°39*, pp.49-57
- Smith V.K., 1997, "Pricing what is priceless: a status report on non-market valuation of environmental resources" *The international yearbook of environmental and resources economics 1997/1998*, Folmer H. and Tietinberg T. (ed.), Edward Elgar Publishing, New Horizons in Environmental Economics, Cheltenham, UK-Northampton, MA, USA.
- 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.
- European Commission, 2002, "Integration of environment into transport policy: from strategies to good practice" *Highlights from the Conference on Good Practice in Integration of Environment into Transport Policy*, 10-11 October, Brussels, Belgium, 36 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.

- Faburel G. (coll. Leroux M. & Colbeau-Justin L.), 2000, *Observation de l'acceptabilité institutionnelle et sociale d'une modalité d'expertise appliquée aux transports : l'évaluation contingente*, Rapport final de l'ŒIL-CRETEIL pour la Commission Evaluation-Décision du PREDIT (DRAST), juin, 113 p.
- Faburel G., 2001, *Le bruit des avions : évaluation du coût social. Entre aéroports et territoires*, Paris, Ed. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et chaussées, 352 p.
- Faburel G., 2002, « Evaluation du coût social du bruit des avions. Application de la méthode d'évaluation contingente au cas d'Orly », *Cahiers scientifiques du transport*, n°42, p. 43-74.
- Faburel G., Maleyre I., 2002a, « Les impacts territoriaux du bruit des avions », *Etudes Foncières*, 98 : 33 à 38.
- Faburel G., 2003a, « 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., 2003b, *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., 2003c, « Le bruit des avions. Facteur de révélation et de construction des territoires », *L'Espace Géographique*, 3 : 205-223.
- Faburel G., 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., 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, Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit, pp. 44-50 (+ cartes).
- 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., Maleyre I., Peixoto F., 2004, *Dépréciation immobilière et ségrégation sociale pour cause de bruit des avions – Mesures économétriques et analyse territoriale dans 8 communes proches de l'aéroport d'Orly*, IUP- Université Paris XII, CRETEIL, octobre, 54 p.
- Faburel G., 2005, « Le rôle de l'expertise et de la norme technique dans les conflits aéroportuaires. Le cas de la non application du principe pollueur-payeur », *Les Cahiers Scientifiques du Transport* n°47, pp. 109-132.
- Faburel G., Maleyre I., 2005, *Evolution des prix de l'immobilier (1996-2005) dans 9 communes franciliennes nouvellement survolées par les avions*, Rapport final pour l'ACNUSA, décembre, 18 p.
- Feitelson E., 2002, "Introducing environmental equity dimensions into the sustainable transport discourse: issues and pitfalls", *Transportation Research Part D*, 7: 99-118.
- Feitelson E., Hurd R E. and Mudge R.R., 1996, "The impact of airport noise on willingness to pay for residences", *Transportation Research Part D*, 1: 1-14.
- Fidell S. et 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.

- Finegold L. et al (1993), "US Air Force Research Programm on the effects of Aircraft noise on humans : current status and future directions", *Proceedings of Noise & Man*, INRETS, vol 2, p. 229-231.
- 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., Staatsen B, 2002, "Assessing health consequences in an environmental impact assessment – The case of Amsterdam Airport Schiphol", *EIAR*, 22, pp. 633-653
- Franssen E.A.M., Lebret E., Staatsen B.A.M. *Health Impact Assessment Schiphol airport 1999, Overview of results until 1999*. National Institute of Public Health and the Environment, RIMV report 441520 012, 38 p.
- Funtowicz S., Ravetz J., 1993, "Science for the post-normal age". *Futures*, September.
- Giampietro M. 1994, "Using hierarchy theory to explore the concept of sustainable development". *Futures*, Vol 26/6.
- 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, *Efficacité de la concertation aéroportuaire – Etude de cas : L'aéroport de Genève*. Mémoire de DEA Urbanisme et ses territoires, Institut d'Urbanisme de Paris - Université Paris XII (Projet Aéroport-Environnement-Territoires du Centre de Recherche sur l'Espace, les Transports, l'Environnement et les Institutions Locales), 97 p.
- 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', Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, p.39
- Gusky R., 2004, "Dose-effects relation for L_{DEN}: Present state and future research", *CALM Workshop Bruxelles*, 18 mars, 14 p.
- Gusky R., 2004, "How to forecast community annoyance in planning noisy facilities", *Noise & Health*
- Haut Comité 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/html/actu/pollution/sommaire.htm>
- Hume K.I, Whitehead C., 2004, , "Aircraft Noise and Measures of Sleep Arousal", *Internoise Proceedings*, Prague, 5 p.
- 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), pp.153-160
- IFEN, 2003, « 45 indicateurs de développement durable : une contribution de l'IFEN », *Etudes et travaux* n°41, décembre, 111 p.
- Kane M., 1999, "Sustainability concepts : From Theory to Practice", in Kohn et al. (dir) (1999), *Sustainability in Question. The search for a conceptual framework*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham-Northampton (GB), pp. 15-31.
- Kjellstrom, T., van Kerkhoff, L., Bammer, G., McMichael, T., 2003, "Comparative assessment of transport risks—how it can contribute to health impact assessment of transport policies, in *Bulletin of the World Health Organization*, volume 81, pp.451-459.

- Knipschild P., Oudshoorn N., 1997, "Medical effects of aircraft noise : drug survey", *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 40 : 191-196
- 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
- Leroux M., 2002, *Vers une carte intersonique, préfiguration d'un outil interactif de diagnostic et de gestion des représentations de la gêne dans un système d'acteurs*, Rapport ADEME, Programme CDE du MEDD, 210 p.
- 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), réalisé dans le cadre d'un stage au Centre de Recherche sur l'Espace, les Transports, l'Environnement et les Institutions Locales (Projet Aéroport-Environnement-Territoires), 126 p.
- Lu H.-Y. C., Morrell P., 2001, "Evaluation and implications of environmental charges on commercial flights" *Transport Reviews*, 21(3): 377-395.
- 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', Actes du colloque Fondaterra, *Pollution atmosphérique et impacts sur la santé*, p.57.
- McMillen, D.P., 2004, "Airport expansions and property values: the case of Chicago O'Hare Airport" *Journal of Urban Economics* n°55, pp.627-640.
- Miedema et Oudshoorn, 2001, "Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals", *Environmental Health Perspectives*, volume 109, number 4, p. 409-416.
- Miedema et Vos, 1998, " Exposure-reponse relationships for transportation noise ", *Journal of Acoustical Society of America*, 104.
- Miedema HME., Passchier-Vermeer W. et Vos H., 2003, *Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance*, TNO Intro report 2002-59, for the European Commission, 64 p.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2005, *Evaluation*, Lettre de la D4E, novembre, 4 p.
- Mittelmark M.B., 2001, "Promoting social responsibility for health : HIA and healthy public policy at the community level", *Health Promotion International*, Vol. 16, No. 3, 269-274.
- Morrell P., Lu H.-Y.C., 2000, "Aircraft noise social cost and charge mechanisms - a case study of Amsterdam Airport Schiphol", *Transportation Research Part D*, 5:305-320
- Morrell, Peter; Lu, Cherie-H.-Y., 2000, "Aircraft Noise Social Cost and Charge Mechanisms- A Case Study of Amsterdam Airport Schiphol", *Transportation-Research Part D*, 5(4), p.305-320
- Moser G. et Weiss K., 2003, *Espace de vie. Aspects de la relation homme-environnement*, Paris, Ed. Armand Colin, 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
- Nathanail Ch., 2005, "Urban environmental noise in Greece: a social survey", *Congress and exposition on Noise Control Engineering*, 07-10 August, Rio de Janeiro, Brazil.

- Nero G., Black J.A., 2000, “A critical examination of an airport noise mitigation scheme and an aircraft noise charge : the case of capacity expansion and externalities at Sydney Airport”, *Transportation Research Part D*, pp. 433-461
- OFEFP, 2002, Imputation au trafic routier des atteintes à la santé dues au bruit, *Cahiers de l'environnement*, n° 339, Berne, 72 p.
- Oh X., Day C.W., 1998, “Insulating houses against airport noise: the approach in New Zealand - is it enough?”, *Internoise Proceedings*, 6 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.
- 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.
- 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.
- Scetauroute, 2005, « Indicateurs pertinents pour évaluer l'évolution environnementale de la plate-forme aéroportuaire d'Orly », CG Essonne, novembre, 68 p.
- Sharp B., 2005, “Airport Community Involvement Issues in the United States”, Wyle Research & Consulting, *Non-Auditory Factors in Aircraft Noise Annoyance Workshop*, Amsterdam, October.
- Slovic P., 2000, *The Perception of Risk*, Earthscan ed., 518 p.
- Southgate D., 2002, “Adding a Fourth Leg to the Stool”, *Aircraft Noise Symposium de Berkeley*, 17 p.
- Stallen P. J. et 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 SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, E. Ohrstrom, Haines MM et coll, 2005, “Aircraft and road traffic noise and children’s cognition and health : a crossnational Study”, *The Lancet*, 365, 1942-1949.
- Thibaud J-P., 2001, « La méthode des parcours commentés », in Thibaud J-P. et Grosjean M. (Dir.), *L'espace urbain en méthodes*, Marseille, Ed. Parenthèses, pp. 79-101.
- Vallet M., 2002, « La gêne due au bruit autour des aéroports », *Acoustique et techniques* n°28, Spécial Salon du Bourget, p.26 à 33
- Vallet M., 1996, *Caractéristiques et indicateurs de la gêne due au bruit des avions*, Synthèse INRETS n° 29.
- Van Praag B. M. S. et Baarsma B. E., 2005, “Using happiness surveys to value intangibles: the case of airport noise”, *The Economic Journal*, n°115, pp.224–246.
- Visser H.G., 2005, “Generic and site-specific criteria in the optimization of noise abatement trajectories”, *Transportation Research Part D*, 10: 405–419
- 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.
- WHO European region, 2002, “Technical briefing: HIA – a tool to include health on the agenda of other sectors. Current experience and emerging issues in the European Region”, Copenhagen, 52e session, 16-19 sept, 6 p.

- Wiek A. et Binder C., 2005, “Solution spaces for decision-making—a sustainability assessment tool for city-regions, *Environmental Impact Assessment Review*, 25: 589-608.
- Wijnen, R.A.A., Visser, H.G., 2003. “Optimal departure trajectories with respect to sleep disturbance”. *Aerospace Science and Technology*, 7: 81–91.
- Young H-P, 1994, *Equity in Theory and Practice*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 403 p.
- Zaccã E. et Bauler B., 2000, “On the Usability of Indicators for Sustainable Development” 3d Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienne.
- (A paraître) Zaccã E. et Bauler B., 2006, « Indicateurs pour un développement durable », *Dictionnaire du Développement Durable Belge*. Institut pour un Développement Durable.