Les Impacts des nuisances sonores aériennes : dépréciation immobilière et inégalité sociale? Cas des aéroports de Paris Charles-de-Gaulle,Paris-Orly, Paris-le-Bourget, Lyon Sain-Exupéry et Toulouse-Blagnac

Noëlvia Sedoarisoa

▶ **To cite this version:**

Noëlvia Sedoarisoa. Les Impacts des nuisances sonores aériennes : dépréciation immobilière et inégalité sociale? Cas des aéroports de Paris Charles-de-Gaulle,Paris-Orly, Paris-le-Bourget, Lyon Sain-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Géographie. Université de Cergy Pontoise, 2015. Français. NNT : 2015CERG0747 . tel-01217511

HAL Id: tel-01217511

https://theses.hal.science/tel-01217511

Submitted on 19 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Cergy-Pontoise

Ecole Doctorale Droit et Sciences Humaines

Laboratoire Mobilités, Réseaux, Territoires et Environnement (MRTE)

LES IMPACTS DES NUISANCES SONORES AERIENNES : DEPRECIATION IMMOBILIERE ET INEGALITE SOCIALE ?

CAS DES AEROPORTS DE PARIS-CDG, PARIS-ORLY, LYON-SAINT-EXUPERY ET TOULOUSE-BLAGNAC

Noëlvia SEDOARISOA

Thèse de doctorat en Géographie-Aménagement

Sous la direction de : Didier DESPONDS et Pierre-ZEMBRI

Date de soutenance:

Membres du jury :

Didier DESPONDS	Professeur en géographie à l'Université de Cergy-Pontoise	Co-directeur
Fabrice BARTHELEMY	Professeur en sciences économiques à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines	Rapporteur
Guilhem BOULAY	Maître de conférences en géographie à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse	
Laurent DALMAS	Maître de Conférences en sciences économiques à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines	
Renaud LE GOIX	Professeur en géographie à l'Université Paris Diderot - Paris 7	Rapporteur
Vincent RENARD	Directeur de recherches honoraire en sciences économiques au CNRS et conseiller à la direction de l'IDDRI-Sciences po	

Experts

Julien DELANNAY	Chargé de mission à l'Association Ville et Aéroport
Philippe LEPOUTRE	Ingénieur acousticien, Responsable pôle bruit, ACNUSA

RESUME

Les impacts des nuisances sonores aériennes : dépréciation immobilière et inégalité sociale ? Cas des aéroports de Paris-CDG, Paris-Orly, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac

Au cours des 30 dernières années, il s'est produit un accroissement important de la demande et de la mise à disposition des transports aériens. Alors que l'on reconnaît, d'une manière générale, l'importance fondamentale de ce mode de transport pour les sociétés et les économies modernes, il retient de plus en plus l'attention de la classe politique par les effets secondaires néfastes qu'il engendre. En effet, les transports aériens sont aussi sources d'externalités environnementales négatives, en particulier la pollution sonore, qu'il convient d'évaluer pour pouvoir mettre en place des politiques correctives (taxes, compensation, etc.).

Dans ce contexte, la dépréciation des valeurs immobilières ainsi que le risque de ségrégation sociale susceptible d'être causé par le bruit des avions tiennent un rôle croissant dans les réflexions, qui figurent parmi les préoccupations majeures avec les questions relatives à la santé des riverains. Depuis plusieurs années, de nombreuses études ont été menées dans ces domaines, à l'étranger. Cependant, à ce jour, en France, les études sont encore rarissimes.

Cette thèse a donc pour objet de: a) analyser et mesurer les impacts des plateformes aéroportuaires sur les valeurs immobilières et identifier les variables influentes (bruit des avions, distance à l'aéroport, etc.), b) analyser l'éventuelle situation d'inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions ; c) fournir un outil opérationnel et pérenne d'aide à la décision par la création d'un observatoire.

Pour atteindre ces objectifs, une méthodologie pluridisciplinaire combinant compétences économiques (méthode des prix hédoniques) et géographique (SIG) a été développée. La principale originalité de cette thèse réside dans sa démarche comparative au niveau national, mettant en exergue les spécificités des différents territoires étudiés. Les territoires d'investigation couvrent toutes les communes situées dans ou à proximité immédiate des zones de bruit (plan d'exposition au bruit ou PEB) de chaque aéroport concerné. Les aéroports étudiés concernent aussi bien les aéroports parisiens (à savoir : Paris Charles-de-Gaulle et Paris-Orly), ainsi que ceux de provinces (Lyon Saint-Exupéry et Toulouse- Blagnac).

REMERCIEMENTS

Ma plus grande gratitude va à mes directeurs de thèse, Pierre ZEMBRI et Didier DESPONDS, pour m'avoir fait confiance, malgré les connaissances plutôt légères sur la question des impacts territoriaux des plateformes aéroportuaires, que j'avais en commencement de ce travail. Je les remercie pour m'avoir guidé, conseillé, encouragé et m'avoir soutenu et accompagné sans cesse dans toutes mes démarches. Je les remercie également pour la gentillesse et la très grande patience qu'ils ont manifestées à mon égard durant cette thèse. Je remercie très sincèrement Didier DESPONDS pour sa disponibilité sans faille et ses conseils avisés.

Je remercie très vivement M. Jean Pierre-BLAZY et tous les membres de l'Association Ville et Aéroport, de m'avoir donné l'opportunité de traiter cette question aussi importante et de prendre la parole devant l'assemblée ainsi que les différents acteurs concernés.

Ce travail définitivement réalisé n'aurait été possible sans le soutien financier de l'Association Ville et Aéroport et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Au sein de l'ADEME, je remercie vivement M. Emmanuel THIBIER pour m'avoir fait l'honneur de s'intéresser à mes travaux de recherche et de faire le nécessaire pour que j'obtienne le financement.

J'aimerais aussi exprimer ma gratitude aux membres du Laboratoire MRTE. Je pense ici en particulier à Catherine LAVANDIER. Après mes directeurs de thèse, c'est avec cette personne que j'ai le plus dialogué. Les longues discussions que nous avons eues m'ont apportées tout au long de la réalisation de cette thèse de précieux conseils et m'ont largement ouvert les connaissances dans un domaine nouveau qui est l'acoustique.

J'aimerais également remercier les personnes suivantes, qui ont non seulement accepté de prendre sur leurs temps pour s'entretenir avec moi de la façon dont ils voient les problèmes évoqués dans cette thèse, mais aussi pour les expériences de terrains qu'ils ont voulu partager avec moi : M. Etienne BERTHON (IAURIF), M. Julien DELANNAY et M. Rémy JOURDAN (Association Ville et Aéroport), l'Association ADVOCNAR, Mme Anne PELLETIER et M.

Carlos RIBEIRO (BruitParif), le Service de l'Urbanisme de la ville de Gonesse. Je remercie de plus M. Julien DELANNAY pour les démarches administratives qui m'ont permis de faire cette thèse dans de bonnes conditions.

M. Laurent DALMAS, qui, de plus accepté de participer au jury de soutenance, a également contribué par ses nombreuses remarques et suggestions à améliorer la qualité de travail, et je lui en suis très reconnaissant.

MM. Fabrice BARTHELEMY et Renaud LE GOIX ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, et je les en remercie, de même que pour leur participation au Jury. Vos compétences, vos critiques ainsi que vos suggestions nous aideront à parfaire ce manuscrit.

M Vincent RENARD m'a fait l'honneur de participer au Jury de soutenance; je le remercie profondément.

Je remercie M. Philippe Le POUTRE qui a accepté de participer en tant qu'expert.

L'obtention d'une partie des données nécessaires à l'aboutissement de la thèse a été rendue possible par les contributions extrabudgétaires de l'Ecole Doctorale Droit et Sciences Humaines de l'Université de Cergy Pontoise et du Laboratoire MRTE, je les en remercie profondément.

Je remercier également la Société MINENOT qui a accepté de s'arranger pour que j'obtienne les résultats des études de prix hédoniques sur Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac.

M. Bertrand BARBO de la Société Aéroport de Paris (ADP) et l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroportuaires (ACNUSA) m'ont attribué les données sur les cartographies de bruit, ce pour quoi je les remercie énormément.

Pour leurs encouragements et leur assistance aussi bien matérielle que morale qui m'ont permis de faire cette thèse dans les bonnes conditions, je remercie chaleureusement : mes parents, mes sœurs et mon amie Isabelle. Je remercie de plus mon mari pour sa patience et sa compréhension depuis toujours, en particulier ces deux dernières années.

SOMMAIRE

Introduction générale *9*

Chapitre 1 **13**

Eléments de problématique et objectifs de l'étude 13

1.1. Contexte 13

1.2. Evaluer les inégalités environnementales : une question émergente. 19

1.3. Hypothèses et objectifs de la recherche 25

1.4. Description des méthodologies utilisées 33

1.5. Les terrains étudiés 37

Chapitre 2 **48**

Les notions fondamentales à mobiliser 48

Introduction 48

2.1. Définition du bruit 48

2.2. Mesures physiques du bruit 52

2.3. Les indicateurs spatiaux de mesure du bruit : les courbes iso-phoniques 56

2.4. Mesurer la gêne occasionnée par la multi-exposition au bruit 63

2.5. Ampleur du problème de bruit des avions en France 65

2.6. Les indicateurs d'impacts 68

2.7. Conclusion du chapitre 2 88

Chapitre 3 **89**

Mesurer les inégalités sociales face au bruit des avions 89

Introduction 89

3.1. Concept de précarité et de défaveur sociale 90

3.2. Les indices de défaveur sociale 93

3.3. Choix de l'indice de défaveur sociale utilisée dans cette thèse 100

3.4. Méthode d'analyse spatio-temporelle de la défaveur sociale 104

3.5. Des résultats obtenus qui confirment pour partie les hypothèses 116

3.6. Discussion, conclusion et nouvelles pistes à creuser 153

Chapitre 4 **158**

Bruit et inégales valorisations immobilières: une relation à établir 158

Introduction 158

4.1. Notions de base sur lesquelles s'appuyer 159

4.2. Les différentes méthodes d'évaluation disponibles 161

4.3. La méthode des prix hédoniques: approche théorique et estimation empirique 177

4.4. Une certaine méconnaissance de la question dans le cas français, excepté le cas d'Orly 195

4.5. Application d'une méthode hédonique à Paris-Charles de Gaulle 199

4.6. Généralisation de la méthode à Toulouse Blagnac et Lyon Saint – Exupéry 255

4.7. Discussions, conclusion et nouvelles pistes à creuser 263

Chapitre 5 **268**

Vers la constitution d'un observatoire desvaleurs immobilières et des processus socio-démographiques à l'oeuvre sur les territoires aéroportuaires 268

Introduction 268

5.1. Comment mettre en place et mener une démarche d'observation? 270

5.2. Présentation des expériences développées en France : Le SIG SURVOL de BruitParif 272

5.3. Propositions pour la mise en œuvre d'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires en France 277

5.4. Conclusion du chapitre 5 et nouvelles pistes à creuser 290

Conclusion générale 292

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 299
ANNEXES 313
LISTE DES TABLEAUX 385
LISTE DES FIGURES 388
LISTE DES ENCADRES 390
LISTE DES ANNEXES 390
GLOSSAIRE 391
TABLE DES MATIERES 392

INTRODUCTION GENERALE

En 2010, l'Association Ville et Aéroport[1], présidé par M. Jean Pierre Blazy, Député du Val-d'Oise et Maire de la ville de Gonesse, a demandé à l'Université de Cergy-Pontoise de mettre en place une étude scientifique à l'échelle nationale sur l'évaluation des impacts territoriaux des plateformes aéroportuaires. Cette association, ayant pour objet de promouvoir le développement durable autour des aéroports, a notamment pour mission de formuler des propositions visant à assurer la mise en application de ce principe au système aéroportuaire français. Pour atteindre ses objectifs, l'Association a lancé plusieurs initiatives. On retrouve parmi elles une étude sur l' « impact du transport aérien sur la santé » (Faburel et al. 2008), divers colloques annuels portant notamment sur : « quelles politiques aéroportuaires pour la France après 2012 ? », organisé en 2011. Cette demande rentre dans le cadre de ces initiatives. Elle porte, quant à elle, sur trois volets principaux intéressant particulièrement l'urbanisation autour des aéroports : l'impact des plateformes aéroportuaires, en l'occurrence le bruit des avions, sur les valeurs immobilières et les ségrégations sociales. Actuellement, selon l'Association Ville et Aéroport, « *le phénomène de décote des biens immobiliers en zone C du Plan d'Exposition au Bruit (PEB) n'est pas reconnu par les autorités* ». Par cette étude, l'Association vise à confirmer ou infirmer sa proposition concernant la création d'un observatoire des valeurs immobilières et des parcours résidentiels au sein des territoires aéroportuaires. Pour l'Association, la mise en place d'un tel outil devrait permettre d'objectiver la situation. L'enjeu est notamment de pouvoir évaluer le coût social du transport aérien, et d'instaurer la prise en compte d'éventuelle situation d'inégalité sociale dans les politiques publiques. Pour aider au cofinancement de cette étude, l'Association Ville et Aéroport a demandé à l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) de la rejoindre. L'ADEME, finançant divers projets de thèse a accepté. L'étude des coûts sociaux du bruit des avions et de l'inégalité environnementale qui est encore peu exploré en France, ainsi que la

[1]L'Association ville et Aéroport est une association d'Elus des territoires aéroportuaires. Elle a pour objet notamment de promouvoir le développement durable autour des aéroports, d'améliorer la qualité de vie des populations soumises aux nuisances aéroportuaires, et de favoriser une plus juste répartition des retombées économiques générées par l'activité aéroportuaire.

possibilité de transfert des méthodologies développés dans le cadre de cette thèse dans ses domaines d'intervention (transport terrestre) ont constitué ses principales motivations.

D'autre part, cette question de l'évaluation des impacts des plateformes aéroportuaire m'a particulièrement intéressé à plusieurs titres. D'abord, elle me permet d'apporter une connaissance nouvelle, une compréhension nouvelle, un éclairage nouveau à cette problématique. En effet, au lancement de cette thèse, si l'on exclut les travaux de Guillaume Faburel, les éléments empiriques pour nourrir ces questions restaient rares et les thématiques sous-jacentes peu explicitées. De plus, elle m'a permis de donner une place à mes connaissances pluridisciplinaires acquises lors de mes études universitaires : l'économie et la géographie, tout en ouvrant mes connaissances dans d'autres domaines à savoir l'acoustique. Surtout, elle m'a également permis d'aboutir à des recommandations concrètes et outils opérationnelles, en vue d'une utilisation par les pouvoirs publics.

Cette thèse traite la question de mesure des impacts et non des politiques, c'est pourquoi, elle ne discute pas de la meilleure manière pour notre société de progresser dans le domaine de la lutte contre les nuisances sonores. Compte tenu de diverses contraintes, elle s'est consciemment limitée à une approche quantitative.

La thèse traite cette problématique des impacts sociaux et territoriaux des nuisances sonores aériennes sous l'angle nouvelle de l' « inégalité environnementale ». De manière générale, l'inégalité environnementale est définie comme une : « *inégale situation sociale face aux nuisances* » (Laurian, 2008). Trois principaux points y seront abordés : la question du lien entre bruit des avions et défaveur sociale, son évolution dans le temps ainsi que la question de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières. La finalité opérationnelle de ce travail scientifique est de créer un observatoire des impacts sociaux et territoriaux des plateformes aéroportuaires.

La thèse se structure de la manière suivante.

Le chapitre porte sur les éléments de problématique et objectifs de l'étude. Après avoir présenté un rappel du contexte général ainsi que de celui de l'inégalité environnementale, il fait une description des hypothèses, des objectifs, des méthodologies ainsi que des terrains étudiés.

Dans le chapitre 2, nous présentons les notions fondamentales sur lesquelles s'appuyer. Nous développons dans ce chapitre la notion de bruit en présentant sa définition, les populations exposées au bruit du transport, les indicateurs pour le mesurer , la prise en compte de la situation de multi-exposition au bruit et les effets qu'il peut engendrer sur les individus, tant du point de vue sanitaire, économique que social.

Les chapitres 3 et 4 présentent les études de cas qui font l'objet de la thèse. Le chapitre 3 s'intéresse à l'analyse de la répartition spatiale de la population selon leurs caractéristiques socio-économiques. Il a pour objectif d'étudier si les ménages défavorisés sont exposés de façon disproportionnée au bruit des avions. Elle vise ainsi à vérifier les deux premières hypothèses de notre recherche. Elle présente d'abord la définition du concept de défaveur sociale utilisée dans ce genre d'analyse puis les différents indices pour la mesurer. Elle présente ensuite l'indice de défaveur sociale utilisée dans cette thèse. Vient ensuite la présentation de notre méthodologie suivie des présentations successives des résultats obtenus sur chaque terrain étudié. Le chapitre se termine par une discussion sur les résultats obtenus, la vérification des hypothèses de départ, les limites de l'étude ainsi que les pistes de recherches futures.

Le chapitre 4 quant à elle s'intéresse à l'évaluation de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières. Après avoir défini certaines notions économiques fondamentales, nous présentons un aperçu des méthodes d'évaluation pouvant être appliquées pour évaluer les préférences des ménages en termes monétaires. La méthode utilisée dans le cadre de notre étude étant l'approche hédonique, c'est sur celle-ci que nous avons procédé à une prospection approfondie, afin d'en connaître toutes les subtilités et de pouvoir ainsi l'appliquer de manière optimale pour nos études de cas. La méthodologie empirique est présentée dans la troisième section de ce chapitre et sera d'abord appliquée au cas de l'aéroport de Paris- CDG. La méthode sera ensuite généralisée sur les aéroports de Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac, avec la collaboration de la société PERVAL. Comme dans le chapitre précédent, la dernière section

discute des résultats obtenus, vérifie les hypothèses de départ, identifie les limites et propose des pistes d'améliorations pour les futures recherches.

Les résultats obtenus nous ont amené à confirmer l'idée de création d'un observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires, telle que proposée par les acteurs. C'est la question qu'explore le cinquième chapitre de cette thèse. Il porte sur les différents aspects liés à la constitution d'un tel observatoire. Y seront discutés : les études de cas développés en France, les enjeux autour de l'élaboration d'un observatoire des plateformes aéroportuaires, les propositions pour la mise en œuvre d'un observatoire des plateformes aéroportuaires intégrant l'actualisation des tableaux de bord ainsi que les principaux défis à relever.

C h a p i t r e 1

ELEMENTS DE PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1. Contexte

Une caractéristique marquante du développement économique au XXIe siècle est le développement spectaculaire du transport aérien, tant pour le transport de voyageurs que pour celui des marchandises. En effet, entre 1995 et 2009, il a bénéficié d'une croissance du trafic passagers de près de 51% dans l'Union Européenne à comparer au secteur du transport routier (+ 15 %) ou ferroviaire (+ 15%). La plupart des études, notamment celles publiées par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI), tablent sur une poursuite de cette tendance, poussées notamment par la croissance économique des pays émergents, avec au minimum un doublement du trafic aérien mondial à l'horizon 2025 (UE, 2011).

Alors que l'on reconnaît, d'une manière générale, l'importance fondamentale du transport aérien pour les sociétés et les économies modernes[2], il retient de plus en plus l'attention de la classe politique par les effets secondaires néfastes qu'il engendre.

En effet, ce mode de transport a aussi de graves répercussions négatives sur l'environnement. Thomson a même pu les décrire comme « ... *une industrie manufacturière qui s'exerce, non pas à titre privé entre les murs d'une usine, mais sur la place publique, là où les gens vivent, travaillent, font leurs achats et vaquent à leurs occupations quotidiennes. Le bruit, les odeurs, les risques et les autres caractéristiques dangereuses de grosses machines lancées à grande vitesse, sont amenés à proximité des individus, avec des conséquences potentiellement*

[2]En France, le secteur du transport aérien contribue effectivement de manière importante dans la richesse nationale, régionale mais aussi locale: il contribue à 61,8 milliards d'euros (3,2%) du PIB, représente 780 000emplois directs, indirects, induits et catalytiques (effets qualitatifs des activités aéroportuaires, par exemple, l'impact catalytique de l'aéroport de Paris-CDG se calcule à partir des dépenses effectuées en Île-de-France par des touristes arrivés dans la région par avion.) et presque 12, 4 milliards € de taxes. Ils transportaient 120 millions de passagers et 1,4 millions de tonnes de fret pour un total de plus de 455 000 vols internationaux annuels, en 2012 (Oxford economics)

désastreuses pour l'environnement humain »[3]. Le transport aérien peut en outre être dangereux[4]. Ces externalités environnementales du transport aérien sont par leur nature et leurs conséquences très différentes. Certaines relèvent d'un niveau de préoccupation global, la plus évidente étant les émissions de gaz à effet de serre, qui contribuent au réchauffement de l'atmosphère et à l'« effet de serre ». D'autres pressions par contre sont de nature locale. On pourrait citer entre autres, à ce propos, certaines formes de pollutions atmosphériques (Co, No, composés organiques volatils (COV), dioxyde de soufre (SO2) et particules, etc.) ainsi que le bruit.

Depuis le début de l'aviation civile, le bruit, notamment la nuit, demeure la conséquence la plus flagrante pour les collectivités locales et le problème environnemental le plus susceptible d'entraîner la mobilisation d'une communauté locale contre des projets d'agrandissement des infrastructures aéroportuaires ou d'expansion de capacité, aboutissant à des restrictions et à des contraintes en matière d'exploitation. Le bruit est en effet la principale source de nuisances ressenties par les citadins : les résultats des enquêtes indiquent que près de deux tiers de français sont gênés par le bruit à leur domicile, dont près d'un sixième a déjà été gêné au point de penser à déménager (enquête TSN SOFRES, 2010 par exemple). Certes, le trafic routier est de loin la première source de nuisance liée au transport (54% contre 14% pour le transport aérien et 7% pour le transport ferroviaire d'après la même enquête), mais les riverains des aéroports se plaignent de nuisances graves. Par exemple, selon les résultats d'une étude menée par G. Faburel, en France, le bruit des transports, et plus particulièrement celui des avions, s'est confirmé comme l'une des toutes premières causes de la dégradation de la qualité de vie, source d'insatisfaction environnementale (Faburel, 2006). Même si durant les vingt dernières années, ont été constatées une multiplication des mesures règlementaires[5] ainsi que l'amélioration globale de la performance acoustique des avions[6], le problème du bruit a consisté à susciter de vives inquiétudes du fait, d'une part de la croissance continue des trafics et d'autre part, d'une exigence de plus en plus forte de la

[3]THOMSON, J.M.(1974). Modern Transport Economics, Penguin, Harmondsworth ; cité dans OCDE (1992). Les défaillances du marché et des gouvernements dans la gestion de l'environnement : Le cas des transports. Paris : OCDE, p. 10.

[4] On se souvient à ce propos de l'accident de l'avion concorde survenu à Gonesse le 25 juillet 2000, tuant 113 personnes y compris des personnes se trouvant dans un hôtel.

[5] Concernant notamment les horaires de vols et les itinéraires imposés par le contrôle aérien.

[6] En tendance, le gain serait sur la période 1970 – 1990, d'un décibel par an pour le bruit.

population sur ces questions, relayée par le développement des connaissances sur le sujet[7]. Les riverains, les associations ou les élus locaux ont ainsi manifesté leur opposition à des projets d'implantation et d'extension des activités aériennes, en particulier pour les plateformes aéroportuaires de Paris-CDG et Lyon Saint-Exupéry.

Les effets du bruit des avions ont été largement étudiés à l'étranger. Sans entrer dans le détail, il convient d'avancer que le bruit des avions est responsable d'effets variés plus ou moins grave (tableau 1): effets sur la santé, effets économiques ou effets sociaux. Il faut cependant préciser que ces effets sont interdépendants et qu'il ne faut pas avoir une lecture cloisonnée de ce classement. Par exemple, il n'est pas possible de dissocier la perturbation du sommeil de l'altération des capacités de travail.

Effets physiologiques	**Effets psychologiques**
Lésions auditives	Gêne
Troubles des fonctions végétatives	Stress, nervosité, tension
Problèmes cardiovasculaires	Abattement
Augmentation de la pression sanguine	Troubles de la communication
Diminution de la profondeur du Sommeil	Baisse de productivité
Maux de tête	Irritabilité
	Symptômes psychosomatiques
Effets sociaux	**Effets économiques**
Difficultés de communication	Niveau des loyers et des prix immobiliers
Jugement porté sur les autres	Coûts de la protection contre le bruit
Diminution de l'esprit d'entraide	Coûts de la santé
Agressivité	Pertes de production
Ségrégation sociale	Coûts de l'aménagement du territoire

Tableau 1: Aperçu des principaux effets du bruit.

Source : Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP) - Suisse, 2002

[7] Mise en place des réseaux de mesures de bruit, études épidémiologiques sur l'impact du bruit sur la santé publique ainsi que sur les impacts socio-économiques et territoriaux, etc.

Ainsi, le bruit est considéré comme source de gêne, de perturbation du sommeil et peut rendre malade.

Le bruit engendre aussi des coûts économiques (coûts externes) élevés comme les fais de santé, les coûts de protection (pour l'insonorisation des logements par exemple) et en particulier la réduction des valeurs des biens immobiliers. Ce dernier est un fait avéré, largement démontré. Les résultats recensés d'une cinquantaine d'études menées à travers le monde depuis la fin des années soixante sur le bruit des avions, convergent, en effet, pour montrer l'existence de décotes immobilières pour cause de bruit. Pour illustrer l'ampleur de cet effet, d'après la méta-analyse des études de prix hédoniques (qui vise à établir la part du bruit dans les différences de prix entre les propriétés, voir chapitre 4) menées aux Etats-Unis, au Canada, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en Australie, chaque décibel supplémentaire (généralement à partir de 60 dB(A)[8]) engendre une dépréciation de la valeur du logement comprise ente 0,10 et 3,57 % par décibel (Shipper et al., 1999). L'Europe est également concernée par ce phénomène. Il s'avère qu'à Amsterdam (aéroport d'Amsterdam Schiphol, données de 1999 - 2003), la décote due à une augmentation d'un décibel de bruit des avions est de 0,77% (à partir de 45 dB(A)), ce qui correspond à un coût de 1459 euros par décibel par logement par an (ou 102 euros par décibel par personne par an). Ramené à l'ensemble de la population ; le coût d'un décibel autour de l'Aéroport d'Amsterdam Schiphol atteint 574 millions d'euros (Dekkers et Van der Straaten, 2009). On peut aussi citer une autre étude récente menée en Belgique qui trouve une valeur plus élevée autour de l'Aéroport de Bruxelles Nationale : le coût d'un décibel du bruit par habitant serait compris entre 225,77 à 1212,44 euros (à partir de 55 dB(A), données de 2000 à 2005) (Bréchet et al. 2009). En France, l'étude de G. Faburel et I. Maleyre montre qu'autour de l'aéroport de Paris-Orly, on observe une décote due au bruit des avions de l'ordre de 0,96% par décibel. Cette décote a augmenté au fil du temps, elle révélerait la sensibilité croissante de la population à cette nuisance (Faburel et Maleyre, 2007).

Le bruit est aussi susceptible de générer des ségrégations sociales. Ce phénomène a été déjà observé autour de plusieurs grands équipements, notamment aux Etats-Unis: « *toute décision en*

[8] Le niveau de bruit s'exprime en décibel. Le terme « A » signifie que le niveau de bruit, enregistré en décibel pondéré (A) par le microphone, a été filtré de la même manière que l'oreille humaine filtre et ajuste les bruits qu'elle reçoit.

faveur d'un équipement nuisible à l'environnement entraîne une baisse des valeurs foncières et immobilières, ce qui favorise l'attraction des populations pauvres » (Been Vicki, 1994, Ghorra-Ghobin, 2000, Faburel, 2006). Il semble que la France n'échappe pas à ces problèmes, toutefois les éléments d'appréciation concernant ces questions y sont jusqu'à présent plus rares. Récemment, une étude a été menée par BruitParif[9] dans le but d'analyser sur le long terme les relations entre inégalités sociales et exposition au bruit ainsi qu'à la pollution atmosphérique autour des grandes plateformes aéroportuaires franciliennes (Paris-CDG, Paris-le-Bourget et Paris-Orly). Elle a mis en évidence un lien significatif entre les niveaux d'exposition au bruit des avions et les indices de défaveurs sociales. Par delà les mesures environnementales et les aides à l'insonorisation, l'Etat est à l'origine d'un PEB (Plan d'Exposition au Bruit) impliquant notamment des contraintes d'urbanisme plus ou moins forte selon le niveau d'exposition au bruit. Parmi celles-ci, l'interdiction de construction de nouveau logement et d'équipements publics dans les zones de bruit fort et très fort peut contribuer à aggraver des processus de décote immobilière et de disparités sociales.

Ces constatations ont incité les décideurs à revoir les politiques en matière de transport aérien. Celles-ci doivent désormais intégrer les principes de développement durable qui préconise un équilibre entre les dimensions économiques, sociales et environnementales (Rapport Brundtland, 1987).

En réponse à ces nouvelles exigences, plusieurs rapports et colloques ont été consacrés à ces sujets. De manière générale, ceux-ci ont souligné que, selon toute vraisemblance, les solutions technologiques ne suffiront pas à elles seules pour réduire l'impact du secteur des transports sur l'environnement, surtout si l'on considère l'évolution actuelle du nombre de mouvements qui annulera les progrès réalisés dans la réduction du bruit. Ainsi, s'interroger sur le développement du transport aérien à travers le prisme du développement durable implique de sortir du cadre purement acoustique.

Plusieurs moyens éventuels sont alors été identifiés et discutés pour répondre à ces nouveaux défis. Certains partent du principe que l'internalisation des coûts sociaux du bruit des

[9]Pour le compte de l'Agence Nationale Santé – Environnement de l'Ile – de- France (ARS – IDF)

avions devrait constituer un élément essentiel de la stratégie en matière de développement durable du transport aérien en application du principe de pollueur-payeur (exemple CMET, 1998, etc.). Pour l'Association Ville et Aéroport, des problématiques nouvelles devront être examinés. Il faut, réfléchir aux risques d' « inégalités environnementales », c'est à dire au risque de paupérisation des villes riveraines qui serait dû non seulement au bruit des avions mais aussi à la politique de gestion préventive que constitue le PEB. En effet, la prise en compte des « inégalités environnementales » est un élément essentiel des stratégies de développement durable par l'intégration effective des objectifs environnementaux, sociaux et de développement économique. L'association vise à engager une large discussion à cet égard. Mais, en France, comme on a pu le constater, les preuves scientifiques pour nourrir les réflexions sont encore insuffisantes et restent controversées.

Partant du constat que les travaux empiriques sur les inégalités environnementales liés au bruit des transports aériens sont encore rares en France et que les quelques études disponibles fournissent seulement des éléments d'appréciation de ces questions sur les aéroports parisiens, l'Association Ville et Aéroport a donc pris l'initiative de financer une étude scientifique à l'échelle nationale. Elle a demandé à l'Université de Cergy Pontoise de réaliser cette étude et c'est l'objet de cette thèse qui est de répondre en particulier à cette demande. L'étude doit fournir des éléments d'appréciation objectifs des impacts du bruit des avions sur les valeurs immobilières; analyser la répartition des nuisances sonores aériennes parmi les groupes de population et proposer un outil permettant d'analyser leurs évolutions dans le temps par la création d'un observatoire, en vue de fournir les informations utiles à l'action des pouvoirs publics.

L'Association Ville et Aéroport, en partenariat avec l'ADEME a participé au financement de cette thèse. L'ADEME qui finance divers projets de thèse a accepté car elle voyait deux intérêts majeurs : l'étude du coût social du bruit des avions et ensuite l'étude de la thématique de l'inégalité environnementale, qui reste encore peu explorée en France. L'ADEME envisage par ailleurs à transférer la méthodologie développée à d'autres secteurs des transports, en particulier les transports terrestres qui l'intéressent particulièrement.

C'est pour répondre à ces inquiétudes sociales et attentes politiques que cette thèse est née.

1.2. Evaluer les inégalités environnementales : une question émergente.

Cette volonté d'intégrer les inégalités environnementales dans l.es politiques aéroportuaires n'est pas nouvelle. Elle s'inscrit dans une évolution entamée depuis une trentaine d'années dans le contexte politique international européen et également dans le contexte national. On peut considérer que le point de départ emblématique de ces questions a été impulsé par les réflexions autour de la justice environnementale aux Etats-Unis[10]. Mais cette question d'inégalités sociales devant les risques et nuisances environnementales émerge aujourd'hui comme essentielle dans plusieurs pays européens, y compris la France avec l'affirmation du développement durable comme principe directeur des politiques environnementales.

1.2.1. Aux Etats-Unis

Comme l'a rappelé E. Laurent (2009), le concept de « justice environnementale » s'est développé dans le contexte américain dès la fin des années 1970 pour designer a la fois les inégalités dans l'exposition aux risques environnementaux (pollutions, déchets, inondations) et la mise a l'écart des minorités raciales, en particulier des Afro-Américains, des Hispaniques et des Indiens, dans la conception et la mise en œuvre des politiques environnementales. Il s'agissait notamment de dénoncer les pratiques visant à déverser des déchets chimiques toxiques dans les quartiers Afro-Américains pauvres.

Avec la promulgation de l'*Executive order* 12898 du 11 février 1994 sur la justice environnementale sous l'administration W.J. Clinton, les Etats- Unis ont franchi un pas vers une formalisation de cette notion et sa diffusion dans les instances de politique publique de l'Etat fédéral. L'alinéa 1-101 fait ainsi obligation à toutes les agences publiques fédérales d'intégrer l'objectif de justice environnementale dans leur mission en « identifiant et en traitant de manière appropriée les effets environnementaux de ses programmes, politiques et activités ou ceux affectant de manière disproportionnée et néfaste la sante humaine des minorités et des groupes a faible

[10]On note parmi les auteurs emblématiques dans le domaine: Been Vicki (1994), avec son article intitulé "Locally Undesirable Land Uses in Minority Neighborhoods: Disproportionate Siting or Market Dynamics?"; Susan Cutter (1995) avec son article ''Environmental justice according to whom?'', etc.

revenu sur le territoire américain » (Executive Order 12898 du 11 février 1994 ; cité par Laurent 2009, p.12).

Le document « *Environmental Justice Strategy* » conçu par l' Agence de Protection de l'Environnement (*Environmental Protection Agency* ou EPA) et publié un an plus tard en 1995, précisera encore la notion de justice environnementale dont on peut aujourd'hui trouver une définition qui insiste surtout sur deux dimensions : « un traitement équitable et une implication réelle de toutes les personnes quels que soient leur race, leur couleur de peau, leur origine nationale ou leur niveau de revenu dans la définition, la mise en œuvre et le contrôle des lois, des réglementations et des politiques environnementales ». Le « Traitement équitable » y est défini par le fait « qu'aucun groupe, y compris une minorité ethnique ou un groupe socio-économique, ne doit assumer une part disproportionnée des conséquences environnementales néfastes résultant d'activités industrielles, municipales et commerciales ou de l'exécution de programmes ou de politiques fédérales, d'un Etat, locales et tribales ». « L'implication réelle » est, quant à elle, soumise à quatre conditions touchant essentiellement, les populations concernées, la possibilité de participer aux discussions des politiques les affectant et au fait de pouvoir les influencer ((Environmental justice stategy, EPA 1995 ; cité par Laurent, 2009, p.13).

En effet, « La justice environnementale part du principe que les individus (ou groupes d'individus) ne sont pas égaux face aux dégradations de l'environnement; que certains subissent plus que d'autres les effets négatifs lies aux conséquences de l'activité humaine et qu'il devient impératif de prendre en compte ces inégalités dans l'action politique » (*ibidem*).

Cette préoccupation est justifiée dans l'approche américaine par le rapport qu'entretiennent qualité environnementale et santé des individus. L'EPA a développé des indicateurs et outils quantitatifs pour mesurer le degré « d'injustice environnementale ». Nous pouvons ainsi, dans une certaine mesure, cartographier les risques environnementaux pour aboutir à une géographie de la justice environnementale aux Etats-Unis en repérant la localisation, voire la concentration géographique de la majorité des activités problématiques du point de vue environnemental (déchèteries industrielles, usines chimiques, décharges, etc.).

Aux États-Unis, la constatation de situations d'injustice environnementale a justifié la création de nouveaux outils d'action publique/privée (Gobert, 2009). Par exemple, des mesures de compensation territoriale comme la « *Compensation Benefits Agreement* » ont été conclues à l'occasion de la modernisation de l'aéroport international de Los Angeles (Gobert, 2009). Selon J. Gobert, les compensations territoriales font partie des compromis sociopolitiques locaux qui visent à la fois à améliorer l'acceptabilité sociale des infrastructures et à atténuer *in fine* les disparités environnementales. S'éloignant de l'indemnisation et complétant les revenus fiscaux qu'entraine pour les collectivités d'accueil la présence d'ouvrages polluants ou à risque, elles se matérialisent, selon les contextes, par une embauche privilégiée des riverains, une offre de formation aux métiers développés sur l'infrastructure, la participation à la construction d'équipements collectifs, la diminution des atteintes environnementales, etc. Elles jouent ainsi sur les registres de la justice procédurale pour la négociation qu'elles exigent entre acteurs, de la justice distributive en tentant de réallouer les bénéfices et de corriger les nuisances, et de la justice substantive en s'adressant prioritairement à des territoires et des populations déshérité (Gobert, 2009).

1.2.2. En Europe

Le courant de la justice environnementale s'est diffusé dans le monde anglo-saxon et aujourd'hui, les prolongements se retrouvent au Royaume-Uni. Ainsi, l'exécutif écossais a-t-il défini en 2005, une nouvelle stratégie de développement durable dans laquelle la justice environnementale est reconnue comme une priorité : « les communautés les plus démunies peuvent aussi être plus vulnérables à la pression de médiocres conditions environnementales » et « ne doivent pas assumer un fardeau (environnemental) disproportionné » (cité par Laurent, 2009, p. 13). La différence par rapport à l'approche américaine est manifeste : la référence à la question ethnique est éludée par contre les notions de vulnérabilité environnementale et d'impact cumulatif sont mises en exergue.

Une politique environnementale aura un effet d'autant plus important que la vulnérabilité du groupe qui la subit (vulnérabilité liée à sa condition sociale), sera grande.

C'est aussi l'approche retenue par l'Agence de l'Environnement (*Environmental Agency* ou EA) britannique qui place désormais la question de justice environnementale au centre de son programme de recherche et de ses politiques, et qui a en 2007 publié une série de rapports formulant le problème sous l'angle des «inégalités environnementales» (*ibid., p14*). Il est aussi indiqué dans le rapport (p. 14) que l'EA distingue trois types de justice en rapport avec les inégalités environnementales :

- La justice distributive, dont la préoccupation est de savoir comment les biens (par exemple l'accès aux espaces verts) et les maux (par exemple la pollution) environnementaux sont distribués parmi les différents groupes ainsi que de déterminer l'équité de cette répartition ;
- La justice procédurale, dont le souci est le caractère équitable de l'accès au processus de décision en matière de politique environnementale et l'existence des droits au recours dans ce domaine ;
- La justice en matière de politique publique, dont les objets sont les principes et les résultats des décisions en matière environnementale et la façon dont ils affectent les différents groupes sociaux.

Ces questions d'inégalités environnementales sont aussi l'une des priorités essentielles de la Stratégie de l'environnement de l'OCDE pour les dix premières années du XXIe siècle (OCDE, 2006). Elles sont prises sous la forme de deux problématiques centrales : comment la qualité environnementale est-elle repartie parmi les communautés (au sens politique) ? Comment les politiques environnementales affectent-elles ces communautés ? La première question se réfère à la distribution sociale de la qualité environnementale (que la population subit). Le point de départ dans cette discussion est que tout groupe social doit vivre, et doit avoir accès à une bonne qualité environnementale. Etant donné la nature des problèmes environnementaux, les disparités (ou inégalités) - qui émergent - dans sa distribution doit être traitée, particulièrement à cause des effets négatifs sur la santé et des impacts socio-économiques qui peuvent en résulter. La seconde dimension concerne, quant à elle, la question de savoir comment la conception et la mise en œuvre de la politique environnementale doivent s'assurer que les impacts financiers d'une politique

n'affectent par de manière disproportionnée un groupe et également de vérifier comment les politiques peuvent corriger les inégalités décrites ci-dessus (OCDE, 2006).

1.2.3. En France

En France, la question d'inégalité environnementale se retrouve désormais au centre de ses politiques et de nombreux programmes de recherche. Cette notion est apparue pour la première fois dans le Livre Blanc préparatoire au Sommet de Johannesburg. Le Livre Blanc souligne que «*les champs des inégalités écologiques est en fait fort étendu et recouvre aussi bien une exposition aux risques naturels et techniques, une dégradation de la qualité de vie, une privation relative de certains biens et services communs allant jusqu'à un accès restreint ou altéré à des ressources vitales, toutes choses se traduisant par une altération du potentiel de développement au sens plein de terme*»[11]. La réduction de la double inégalité sociale et environnementale entre les territoires et entre les personnes constitue l'un des volets de la stratégie nationale du développement durable (SNDD) adopté par le Gouvernement le 3 juin 2003. La qualité de l'environnement devient par ailleurs un droit de la personne entrainant des devoirs pour chacun, du simple citoyen à l'Etat. La Charte pour l'environnement indique dans son article premier que : «*Chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibrée et favorable à sa santé*» (Charte de l'environnement, Article 1er). Ainsi, les deux documents de référence nationale sur l'environnement et le développement durable (la Charte de l'environnement et la SNDD) convergent pour marquer l'importance de la question des inégalités environnementales.

L'engouement en France à cet égard est confirmé par différentes réflexions.

En 2005, Mme R. Bachelot, alors Ministre de l'environnement demande à l'inspection générale de l'environnement (IGE), un rapport sur les inégalités environnementales en milieu urbain[12]. Ce rapport s'est efforcé de défricher le contenu de cette notion et de discerner si elle

[11] Comité français pour le Sommet Mondial du Développement Durable de Johannesburg, en 2002. Livre blanc du Développement Durable, Paris, Ministère de l'écologie et du Développement Durable et Ministère des Affaires étrangères de la coopération et de la francophonie, 249p.

[12] Ministère de l'écologie et du Développement Durable (IGE, 2005), Les inégalités écologiques en milieu urbain, Parsi, 71p.

pouvait constituer une approche intéressante pour les politiques du MEDD (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable). En faisant référence à la définition proposée par L. Laigle et V. Oehler (2004) ci-dessous (encadré 1), les auteurs conservent cette notion et définissent «les inégalités écologiques» en milieu urbain comme «*des inégalités de situation résultant des variations qualitatives de l'environnement urbain*» (IGE, 2005, p.1). Ainsi, ils ont pu démontrer que le concept est intéressant à double titre (IGE, 2005) :

- Il oblige à porter l'attention sur les populations concernées par les différences de qualité des services publics environnementaux ou l'existence d'un risque sur un territoire précis, alors que les données du système d'information environnementale ne fournissent généralement pas de renseignements sur ces populations ;
- Il permet de développer les connaissances des impacts sociaux des politiques environnementales, peu développées jusqu'à présent, et ainsi de mesurer de façon plus adaptée leur efficacité en faveur des populations concernées.

C'est donc selon les auteurs à une «*nouvelle approche des politiques environnementales qui viendrait enrichir l'approche traditionnelle axée sur les ressources et milieux naturels, que l'utilisation de ce concept invite , en mettant l'humain au centre de ces politiques et en s'inscrivant résolument dans une perspective de développement durable*» (IGE, 2005)

Ensuite, en 2006, l'IFEN (Institut Français de l'Environnement) a sorti un rapport sur l'Etat de l'Environnement en France, avec un chapitre consacré aux inégalités environnementales, confirmant l'intérêt du sujet pour le pays en invitant à mener des programmes de recherche dans ce domaine (IFEN, 2006).

Courant 2008, la commission des comptes de l'environnement a sorti un rapport sur les aspects sociaux de l'environnement ; celui-ci faisant suite au rapport de l'IGE ci-dessus a confirmé le manque d'études empiriques en France, faute d'investigations statistiques sur la question.

On peut également citer le second plan National Santé environnement (PNSE 2009 -2013), qui place la réduction de inégalités environnementales au cœur des engagements du Grenelle de l'Environnement.

Les quatre dimensions des inégalités écologiques

• **Les inégalités territoriales** renvoient aux différences de qualité des territoires et à la répartition différentielle des groupes de population sur ces territoires. L'approche problématique, dans ce cas, est celle de temporalité longue de transformation des territoires, précisément de la façon dont l'héritage du passé conditionne les voies possibles de leur développement.

• **Les inégalités d'accès à l'urbanité et au cadre de vie** se réfèrent, pour les différentes catégories de citadins, aux possibilités inégales de mobilité en ville, d'usage des espaces et des biens publics, d'accès aux services, ainsi qu'aux possibilités inégales de choix des lieux de résidence et de réalisation des parcours résidentiels.

• **Les inégalités par rapport aux nuisances et aux risques** (naturels, technologiques, industriels, etc.) désignent des inégalités de production et d'exposition aux nuisances (liées aux lieux de résidence, aux modes de vie et d'activité…), l'inégale perception et appréciation de ces nuisances (bruit, pollution, etc.), l'accès inégal à l'information sur les risques encourus et le traitement inégal de ces risques (assurance, précaution, indemnisation, réparation, etc.).

• **Les inégalités dans la capacité d'action et d'interpellation de la puissance publique pour la transformation du cadre de vie**, quant à elles, se réfèrent à la place et au rôle des habitants, des associations, des aménageurs, des techniciens des villes, des acteurs politiques et économiques dans les médiations et les décisions présidant à la conception et à la réalisation des projets d'aménagement du cadre de vie, à l'élaboration et la mise en œuvre des politiques urbaines aux différentes échelles territoriales ».

Encadré 1: Les quatre dimensions des inégalités écologiques.

Source : Laigle L., Oehler V., 2004

A travers cette revue du contexte politique, on peut donc considérer que l'inégalité environnementale constitue désormais un sujet d'intérêt public.

1.3. Hypothèses et objectifs de la recherche

Cette section présente les hypothèses constituant notre cadre théorique, indispensables point de départ. De nombreux travaux sociologiques, économiques ou géographiques se sont penchés sur la question de localisation résidentielle des ménages et de la spécialisation sociale des villes. Nos

hypothèses initiales sont nées des travaux théoriques issus de la discipline de l'économie géographique, appelée communément « théorie de la localisation ».

La théorie de localisation permet d'apporter quelques éléments explicatifs au phénomène de spécialisation sociale de l'espace. Nous présenterons le fonctionnement du marché des logements et les principaux déterminants des résidentiels des ménages avant d'en tirer quelques hypothèses concernant les phénomènes de spécialisation sociale de l'espace face aux externalités environnementales que nous voulons analyser. Les présentations qui suivent, sont partiellement repris l'ouvrage de F. Liu (Liu, 2000), intitulé «*Environmental justice analysis: theories, methods and practice*».

La théorie de localisation résidentielle a été revue notamment par D. Cornuel (2010) et F. Liu (2011). La question des choix de localisation à l'intérieur de l'espace urbain a été théorisée par différentes branches incluant l'économie spatiale, l'économie géographique, l'économie urbaine et régionale, les études urbaines, etc. Selon ces auteurs, les mécanismes de base sont dus à Alonso (1964), Wingo (1961), Muth (1969) et Mills (1967). Ils reprennent le mécanisme initialement conçu par Von Thünen (1826). Comme souvent en économie, le modèle repose sur des hypothèses simples en nombre réduit dont on cherche à tirer des faits établis. On relâche ensuite certaines hypothèses jugées trop restrictives et on complexifie la modélisation en empruntant d'autres conceptualisations.

Comme résumé dans D. Cornuel (2010), l'espace urbain est supposé organisé autour d'un centre -ville (ville mono centrique) et les agents économiques sont en concurrence pour la surface de sol ou de biens immobiliers. Les individus sont supposés avoir tous du goût pour le centre et du goût pour la surface. Ces goûts s'expriment sous la forme d'une fonction de préférence. Les agents économiques supportent des coûts, celui du bien immobilier dépend de sa localisation, celui des autres biens, et enfin le coût du transport vers le centre, croissant avec l'éloignement. Les deux dimensions de la localisation, espace et proximité du centre, sont en concurrence dans les choix individuels, du fait que l'espace se raréfie quand on se rapproche du centre. Les ménages sont donc amenés à arbitrer entre la quantité d'espace qu'ils vont occuper et la proximité du centre. Leur choix optimal est celui où la valeur de la satisfaction résultant d'un rapprochement marginal au

centre est égale à la valeur de la perte de satisfaction résultant d'une réduction marginale de l'espace. En fonction d'un prix donné, les ménages déterminent leur localisation. Inversement, pour chaque localisation, ils peuvent déterminer le prix maximal qu'ils sont disposés à payer. Ces prix constituent un prix d'enchères. Nantis de cette courbe d'enchère individuelle, tous les ménages et les autres agents entrent en concurrence pour la surface et la localisation. A chaque localisation, c'est le plus offrant qui l'emporte. Le prix effectif est donc celui du plus offrant. L'intérêt de cette représentation est d'expliquer quelques phénomènes caractéristiques des localisations des ménages en fonction de leurs propres caractéristiques, notamment la taille du ménage et son revenu. Comme le besoin d'espace est largement dépendant de la taille du ménage, l'arbitrage entre l'espace et la proximité du centre explique que les ménages comptant peu de personnes soient localisés dans des zones plus centrales, alors que les familles sont plutôt en périphérie. En second lieu, à caractéristiques identiques, les ménages les plus aisés l'emportent dans les enchères sur les moins aisés et obtiennent les localisations les plus recherchées. Selon D. Cornuel (2010), en définitive, cette conception explique les prix et les quantités comme résultant d'un mécanisme standard de marché. Mais comme les biens immobiliers sont hétérogènes, ce mécanisme d'enchères explique à la fois la différenciation des prix et l'affectation des biens. Il contribue à répondre à la question économique de base : quel prix et quelle quantité ? Mais il contribue aussi à répondre à une question « sociale », celle de l'allocation des biens immobiliers entre les individus, c'est-à-dire à répondre à la question : qui habite où ?

A côté de cette généralisation, une autre extension de cette conception a été effectuée prenant en compte d'autres déterminants des choix de localisation : les caractéristiques des biens immobiliers et du site, les externalités environnementales, les services publics locaux, la fiscalité locale, etc.

La prise en compte des caractéristiques des biens est due à Lancaster (1966). Elle a été précisée et développée notamment dans le cas du logement par Rosen (1974). Selon cette conception, les biens immobiliers sont désirés pour leurs caractéristiques dites « hédoniques » parce que ce sont ces caractéristiques qui sont à l'origine des satisfactions que procure le bien. Ces caractéristiques ne se limitent plus à la taille et à la distance au centre. Ceci peut être la taille

moyenne des pièces, la distance par rapport à une école réputée, l'isolation thermique ou acoustique, la vue, la tranquillité du voisinage, etc. les ménages arbitrent entre ces caractéristiques en fonction de leurs prix. Ces prix ne sont pas observables puisque le seul prix observé est celui du bien immobilier dans son ensemble. Mais des méthodes statistiques, économétriques, permettent d'évaluer les prix implicites ou fictifs de ces caractéristiques (méthodes de régressions hédoniques). Avec des observations suffisantes, il est ainsi possible de déterminer les préférences des individus à l'égard des caractéristiques sous la forme de prix d'enchères de chaque caractéristique.

Cette conception des biens immobiliers a fait l'objet d'un grand nombre de travaux dont la majorité tend à déterminer la fonction des prix hédoniques. Seule une minorité va jusqu'à calculer des prix d'enchères des caractéristiques. Cette démarche permet alors de déterminer combien les ménages sont disposés à payer en plus pour se rapprocher d'un tel équipement ou services publics ou combien sont ils disposés à payer pour bénéficier de telle aménité d'un site. Ces aménités peuvent être celles du centre – ville, ce qui explique par exemple que l'agglomération parisienne se caractérise par des ménages aisés au centre et des populations plus pauvres en périphérie.

F. Lieu (2010) rapporte que le modèle de base a été amélioré en relâchant certaines hypothèses restrictives retenues. Strazheim (1975) et King (1975) introduisent la conception des logements comme ensemble de caractéristiques qui obligent les ménages à effectuer des choix discrets entre les ensembles de caractéristiques, parmi lesquelles la localisation, et non plus un choix sur des variables continues. Cette hypothèse a été complétée par Lulk (1993) par la prise en considération de l'offre dans un modèle d'équilibre général. Richardson (1977) intègre le choix de localisation dans un modèle en prenant en compte la localisation des emplois, les aménités environnementales, et les déplacements autres que ceux de travail. Fujita (1989) élargit le modèle de base du côté du ménage, en considérant les effets de la diversité de composition du ménage sur la localisation. Selon Fujita (1989: 42), "*Wage-poor and wage-rich households with few dependents (such a single working couples with few children) will tend to reside close to the city center. Beyond them and out toward the suburbs, middle – income households with large family and few commuters will be found. Farther away, asset – rich households with larger families and few commuters will locate"* (cité par Liu, 2000).

Un grand nombre de travaux se sont attachés aux effets externes de consommation « de voisinage », particulièrement à travers l'intolérance entre groupes sociaux et raciaux et les problèmes de ségrégation urbaine, aux effets externes d'environnement : pollution, congestion, et aux effets externes découlant de la production de biens publics locaux (par exemple Kanemoto,1980,1987 ; Fujita, 1989), c'est-à-dire en faisant leur choix résidentiel, les ménages pèsent trois facteurs de base : l'accessibilité, l'espace et les aménités environnementales, sous les contraintes de budget et de temps (Fujita 1989) (parmi les auteurs, voir également Serge Paugam, espace géographique 2013).

Kanemoto (1987) considère quatre types d'externalités: les externalités des producteurs aux ménages, les externalités parmi les ménages, les externalités parmi les producteurs et les externalités associées avec le transport urbain. Il a été démontré dans le modèle spatial de pollution industrielle que la localisation dépend de la taxe pigouvienne et que le contrôle de l'utilisation des terres peut être nécessaire pour atteindre une allocation efficiente lorsque la production industrielle impose des externalités sur les résidents de la ville. La rente foncière a augmenté dans la limite entre les zones industrielle et résidentielle. « the industrial rents is higher (lower) than the residential rend at the boundary if the social benefit of increased dispersion in the industrial zone due to shifting the boundary farther from the firms is larger (smaller) than the social cost of increased residential pollution caused by moving the boundary closer to residents" (Kanemoto, 1978: 53). Dans une petite ville ouverte avec des externalités des producteurs aux ménages, l'existence de l'équilibre spatial peut être prouvée à partir d'hypothèses raisonnables, mais cela peut être instable pour certains taux d'ajustement dans les marchés du travail et des terres, à moins que l'externalité ne soit suffisamment petite. Si la zone industrielle s'étend au-delà de la limite d'équilibre, la pollution dans la zone résidentielle s'intensifie et ensuite diminue la rente résidentielle. Si cet impact est assez fort, la rente industrielle excède la rente résidentielle dans la nouvelle limite et une expansion supplémentaire de la zone industrielle apparaît. Par conséquent, la limite d'équilibre est instable. Une implication est que l'industrie polluante peut chasser les résidents qu'ils soient blancs, noirs, marrons ou rouges (Liu, 2000).

L'externalité parmi les ménages apparait lorsqu'un groupe social impose un préjudice à un autre groupe social et que ce dernier le sent et souffre de la présence de l'autre groupe dans son voisinage. Trois types de modèles ont été développés pour examiner la propriété de la structure de l'équilibre spatial résultant de telle externalité : le modèle de frontière, les modèles d'externalité locales, et le modèle global (Kanemoto 1987 ; Fujita 1989). Le modèle de frontière suppose un modèle résidentiel complètement ségrégé avec des ménages noirs (blanc) occupant l'intérieur (l'extérieur) du cercle et les blancs préférant vivre loin de la frontière blanc-noir. Le modèle d'externalité local suppose que les ménages sont concernés par la composition raciale de leur localisation mais non par celle des autres localisations. Tandis que les hypothèses sont restrictives dans ces deux types de modèles, le modèle global suppose que la quantité totale d'externalités reçue par un blanc est la somme pondérée des noirs vivant dans la même ville, modèle dans lequel les poids sont donnés pas une fonction décroissante de la distance entre blanc et noir. Si les blancs (et noirs) pâtissent d'un préjudice racial, le modèle montre que le modèle spatial à l'équilibre est une ségrégation complète avec les noires dans la localisation centrale. Si les noirs préfèrent la mixité raciale, il est possible que ce modèle ne soit pas à l'équilibre. Si la préférence n'est pas aussi forte, le modèle ségrégé peut toujours être en équilibre. Il est aussi démontré théoriquement qu'il y a une possibilité d'instabilité dynamique dans une ville racialement mixte ; telle que, une petite augmentation dans le nombre de noirs (ou de pauvres) dans le voisinage peut éloigner les blancs (ou les riches), engendrant un changement soudain dans la composition raciale (sociale) du voisinage. Ce phénomène est appelé « neighborhood tipping ». Cette théorie offre un modèle permettant d'expliquer comment et pourquoi le voisinage change au fil du temps (modèle testé dans le contexte américain).

Le rôle des biens publics locaux et de la fiscalité locale dans le choix de localisation résidentielle des ménages revient à Tiebout (1956). Il repose sur le fait que, au moins dans certains pays, les communes ou les entités locales peuvent fournir et faire payer des services publics différenciés. La référence la plus fréquente est celle de l'école élémentaire ou secondaire. La concurrence entre les communes et la mobilité résidentielle conduisent au regroupement des ménages qui ont les mêmes préférences à l'égard du service local et sont donc disposés à payer le même prix, en l'occurrence le même impôt, pour ce service. Il y a ainsi un phénomène d'auto-

sélection qui conduit au regroupement des ménages présentant des caractéristiques identiques. Ce mécanisme permet d'expliquer une certaine homogénéité sociale des communes.

Des tests empiriques ont fourni des preuves supportant les hypothèses de Tiebout. Oates (1969 :960) trouve que, toutes choses égales par ailleurs, les « valeurs des logements sont plus élevés dans une communauté plus attractive dans son paquet de biens publics ». Jud et Bennet (1986) ont démontré que la qualité des écoles est un facteur significatif dans le modèle de localisation interurbain, même si la composition raciale est maintenue constante (Liu, 2000).

La théorie de localisation peut nous fournir quelques hypothèses sur la relation entre la distribution des risques environnementaux et la distribution de la population. Suivant les explications de Liu (2000), dans le modèle de Tiebout, où les niveaux de qualité environnementale sont distribués de façon continue dans l'espace, les individus choisissent la localisation résidentielle qui leur offre la qualité environnementale désirée conformément à leur demande. En supposant la qualité environnementale comme un bien normal, nous pouvons supposer que les plus influents vont en acheter plus. Il existe des preuves empiriques que les plus influents accordent des valeurs plus élevées à la qualité environnementale. Sous la condition de l'information parfaite, des ménages avec des revenus plus élevés vont avoir tendance à se localiser ex ante dans les endroits où il y a peu de risques ou moins de pollution environnementale, toutes choses égales par ailleurs. Les pauvres vont choisir leurs résidences dans les communautés avec une qualité environnementale plus faible et des risques environnementaux plus sérieux. Cette association entre distribution de population et qualité environnementale peut aussi apparaître ex post. Après l'installation d'une usine dans une communauté, la qualité environnementale diminue et le risque potentiel augmente. Ceci peut inciter à certains résidents accordant une valeur plus élevée à la qualité environnementale, à partir. Ces résidents insatisfaits vont choisir les territoires qui peuvent satisfaire leur demande en matière de qualité environnementale, et « voter avec leurs pieds ». Etant donné la normalité de la qualité environnementale, ces résidents tendent à être les «riches», c'est-à-dire ceux aux revenus élevés au sein du territoire. Ils disposent davantage de ressources et de divers choix pour leur relocalisation. Ils peuvent se relocaliser dans d'autres parties de la zone métropolitaine ou migrer en dehors de la zone métropolitaine. Ceux qui restent dans le territoire

tendent à être ceux avec des revenus plus faibles. Dans les deux cas, ex ante et ex post, nous pouvons supposer que les populations pauvres occupent disproportionnellement les zones avec des qualités environnementales plus faibles et avec des risques environnementaux plus sérieux. Les riches sont plus susceptibles de vivre en dehors de ces zones. De façon dynamique, nous pouvons alors supposer une plus grande proportion de pauvres et une plus petite proportion de riches dans la zone avec de sérieux problèmes ou de pollutions ou risques environnementaux que dix ans auparavant. D'un autre point de vue, les ménages avec des revenus moyens qui vivent dans des zones présentant de sérieux risques ou de pollutions environnementales vont moins croître que ceux qui vivent dans des zones ne possédant pas ces handicapes. Ainsi, on peut émettre les hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1** : Plus les risque environnementaux sont sérieux (ou considérés comme sérieux) dans un territoire, plus faible est la proportion de riches et plus élevée la proportion de pauvres qui y vivent.
- **Hypothèse 2** : la proportion de riches diminue et la proportion de pauvres augmente avec le temps dans le territoire présentant de sérieux risques environnementaux.
- **Hypothèse 3** : Le prix des biens fonciers et immobiliers capitalise la valeur des aménités. Les valeurs des logements sont plus faibles dans les zones avec risques ou nuisances environnementaux, toutes choses égales par ailleurs.

Il doit cependant être noté que des hypothèses strictes sont nécessaires pour ces trois hypothèses. Par exemple, la population doit être parfaitement informée (ce qui en réalité est difficile à vérifier). De plus, l'individu doit se comporter de façon rationnelle, ou répondre ou percevoir rationnellement les risques environnementaux. En effet, la perception publique des risques, comme il sera discuté plus loin, diffère de l'évaluation « objectif » du risque actuel. De plus, il est très difficile, et le plus souvent impossible, d'évaluer réellement le risque «objectif». Ainsi, l'hypothèse doit être relâchée en termes de risques environnementaux perçus (Liu, 2000).

Il est également très important de noter que les modèles précédents fournissent un cadre général d'analyse des choix de localisation des ménages. Mais dans la réalité, les facteurs ou services ou aménités de localisation des ménages sont très divers et la préférence d'un ménage

particulier pour ces facteurs lui sont propres. Les modèles théoriques sont donc rapidement limités par le besoin de prendre en compte la diversité des facteurs d'attractivité et des ménages, au profit des travaux empiriques. Par exemple, les analyses sociologiques ont montré l'importance de tenir compte des trajectoires personnelles (emploi, famille) qui restent le facteur dominant de la mobilité résidentielle des ménages. D'autres facteurs peuvent également apporter des éclairages supplémentaires concernant le fonctionnement de l'espace, notamment face au bruit des avions. La géographie sociale mentionne en effet le rôle de l'éco-sensibilité (Charlier, 2002)

L'objectif de cette thèse est donc de vérifier ces trois hypothèses :

- Mettre en évidence la relation entre exposition au bruit des avions et pauvreté et précarité de la population (dans la suite du travail, nous utilisons le terme «défaveur sociale») et analyser son évolution dans le temps ;
- Estimer les impacts des plateformes aéroportuaires sur les valeurs immobilières et identifier les variables influentes (bruit des avions, distance à l'aéroport, etc.).
- Les résultats de ces analyses nous conduiront à confirmer ou infirmer l'idée de création d'un observatoire des impacts sociaux et territoriaux des plateformes aéroportuaires, telle que souhaitée par certains acteurs.

La thèse propose d'étudier ces différentes questions à l'aide de quatre études de cas présentés dans le point 1.5.

1.4. Description des méthodologies utilisées

L'approche méthodologique que nous avons développée, sur la base des meilleures pratiques rencontrées et des lacunes dans les littératures scientifiques, concilie trois champs disciplinaires: l'économie de l'environnement, la géographie et l'acoustique (voir figure 1). Elle combine aussi de nombreuses sources de données.

- **L'acoustique:** exploitation des courbes de relations dose-réponse gêne-bruit et des courbes d'environnement sonores,

- **Economie:** économie urbaine, économie de l'environnement (méthode des prix hédoniques), exploitation des bases de données économiques notariales
- **Géographie**: Système d'information géographique, exploitation des données du recensement de la population fournies par l'INSEE.

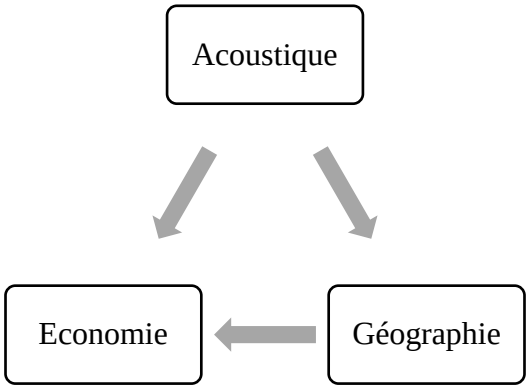


Figure 1: Les différentes méthodes utilisées dans la thèse et leurs interactions

La discipline acoustique fournit les mesures physiques d'exposition au bruit ainsi que la compréhension de la relation entre impact du bruit des avions et population. Les indicateurs spatiaux de mesure de bruit, c'est-à-dire les courbes isophoniques comme le plan d'exposition au bruit (PEB), le plan de gêne sonore (PGS), les courbes d'environnement sonores (CES)) sont en effet utiles comme données d'entrée dans les analyses géographiques et économiques. Ces courbes sont fournies sous forme cartographique compatible avec le système d'information géographie MAPINFO. Les courbes de relations doses-réponses ainsi que les connaissances des facteurs explicatifs des nuisances sonores sont, quant à eux utiles pour conduire nos réflexions méthodologiques et les interprétations des résultats de nos analyses.

Par ailleurs, les analyses des problèmes font appel à la géographie et à l'économie.

Le système d'information géographique (SIG)[13], un outil fourni par la discipline de la géographie est d'une importance incontournable tout au long de notre recherche. Un SIG est en effet un outil informatisé capable de créer, transformer, afficher, analyser et stocker des informations géographiques. Il permet d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, en vue notamment de produire des cartes. Le SIG constitue un élément essentiel pour étudier les relations entre exposition aux nuisances environnementales et indicateurs socio-économiques. Il permet de mettre en évidence les inégalités sociales ou territoriales face à l'exposition au bruit des avions et répondre ainsi aux deux premiers objectifs de notre recherche. En effet, pour savoir si les populations défavorisées ont une probabilité plus élevée d'être exposées aux nuisances et étudier l'évolution de cette situation dans le temps, nous avons utilisé les données socio-économiques issues des résultats du recensement de la population. Ces données sont disponibles au niveau des IRIS, le niveau géographique le plus fin pour lesquelles l'INSEE diffuse les résultats. Ces données doivent ensuite être croisées avec les contours de bruit. Les courbes isophoniques ont été utilisées. A cet égard, la capacité du SIG à faire des superpositions de couches, de découpage d'objets et de requêtes spatiales est essentielle. A l'aide de ces techniques, le SIG nous a permis de résumer et visualiser les caractéristiques sociodémographiques des IRIS concernés par le bruit des avions et d'estimer le nombre d'habitants défavorisées à l'intérieur des zones exposées au bruit des avions.

L'économie de l'environnement s'intéresse à l'une des questions centrales de notre recherche : l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières. L'examen de cette question

[13]Définition du SIG : Un Système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçu pour permettre : la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (Comité *Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique,1988, USA)*. Un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. (Michel et Didier, 1990, France).L'information géographique (IG) est aussi définit comme une information ayant une référence au territoire, soit sous la forme : de coordonnées, de nom de lieu, d'adresse postale ou autre. Elle peut être dupliquée sans dégradation, circule et s'échange à grande vitesse via les réseaux de communication, se combine avec d'autres informations en vue d'en créer de nouvelles. Les informations géographiques sont acquises, stockées, analysées, visualisées et distribuées à l'aide de systèmes d'information géographique (Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique, 2001, Suisse).

nous a conduits à privilégier la méthode des prix hédoniques (Rosen, 1974). Il existe un réel consensus chez les universitaires et les décideurs sur l'utilisation de cette approche dans l'évaluation économique de l'impact du bruit. Si l'on prend l'exemple de l'évaluation du bruit des avions ayant recours à cette méthode, la première étape consiste à estimer un prix ou un loyer en fonction d'un échantillon de transactions. Les variables de l'équation estimée sont : les caractéristiques physiques ou structurelles (par exemple la surface, le nombre de pièces, etc.), les caractéristiques d'accessibilité (par exemple les distances aux commerces, etc.), les caractéristiques de voisinage (par exemple les structures socio-économique du quartier, etc.) et les indicateurs de qualité environnementale (par exemple la pollution de l'air, le bruit des transports routiers, ferroviaires et aériens, etc.). La variable de bruit utilisée devrait refléter la manière dont les occupants perçoivent les nuisances sonores. Connaître le lien entre le niveau effectif et l'ampleur de la gêne ressentie constitue un préalable indispensable pour parvenir à une spécification fonctionnelle cohérente et enlever les difficultés liées aux effets seuils (Kail et al., 1999). La MPH doit donc intégrer les acquis de la discipline de l'acoustique. Par ailleurs, dans la plupart des cas, le choix des variables explicatives dépend avant tout de l'accès à l'information. Actuellement, l'absence de base de données regroupant suffisamment de variables pénalise le développement de ce type d'évaluation. Le recours au recoupement de diverses sources constitue un passage obligé. A cet égard, il faut noter que les bases de données notariales que nous utilisons dans cette recherche sont bien adaptées à la mise en œuvre de la MPH utilisant le SIG. Elle contient en effet des informations sur les coordonnées géographiques (latitude x et longitude y), permettant de géo référencier précisément chaque transaction. Ainsi, la capacité du SIG à mettre en relation des données spatialisées a été exploitée, notamment pour relier les informations sur les prix et les caractéristiques physiques du logement aux indicateurs environnementaux (niveau de bruit des avions par exemple). Sa capacité à transformer des données images sous forme de données vectorielles dans un système de coordonnées longitude/latitude peut aussi être exploitée. Cela permet d'intégrer ces types de données dans des bases de données numériques spatialisées. Cette démarche a par exemple été utilisée pour pouvoir relier les données sur les transactions immobilières aux données sur l'exposition au bruit routier et ferroviaires qui étaient disponibles pour notre étude sous forme d'image.

C'est à l'aide du croisement de ces trois disciplines que l'inégalité environnementale face à l'exposition au bruit des avions peut être analysée.

1.5. Les terrains étudiés

Le défi réside non seulement dans la proposition d'une méthodologie appropriée mais aussi dans la diversification des terrains étudiés. Cette thèse constitue la première tentative d'évaluation des différents impacts du bruit des avions réalisée en France[14], avec un regard comparatif. En effet, le niveau de bruit autour d'un aéroport est affecté par différents paramètres. Par conséquent, les problèmes du bruit peuvent être très différents d'un aéroport à un autre.

La thèse propose d'étudier ces différents impacts à l'aide de quatre études. Les territoires d'investigation couvrent aussi bien les aéroports parisiens que ceux des provinces, à savoir : Paris-CDG et Paris-le-Bourget, Paris-Orly, Lyon Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Ces aéroports diffèrent, non seulement par l'importance des trafics aéroportuaires et donc de la densité de survol[15] mais aussi par les politiques de gestion du bruit ainsi que le caractère rural/urbain de leurs implantations.

Dans les sections suivantes, nous faisons rapidement une présentation de la particularité de chaque aéroport étudié. Ces présentations sont utiles pour l'interprétation des résultats.

1.5.1. Localisation géographique

La carte suivante (figure 2) présente les localisations géographiques des quatre aéroports étudiés.

[14] Si l'on excepte le travail de G. Faburel et ses collègues sur les aéroports de Paris-CDG et Paris-Orly.

[15] La densité de survol traduit le nombre moyen de survol par jour d'une zone donnée.

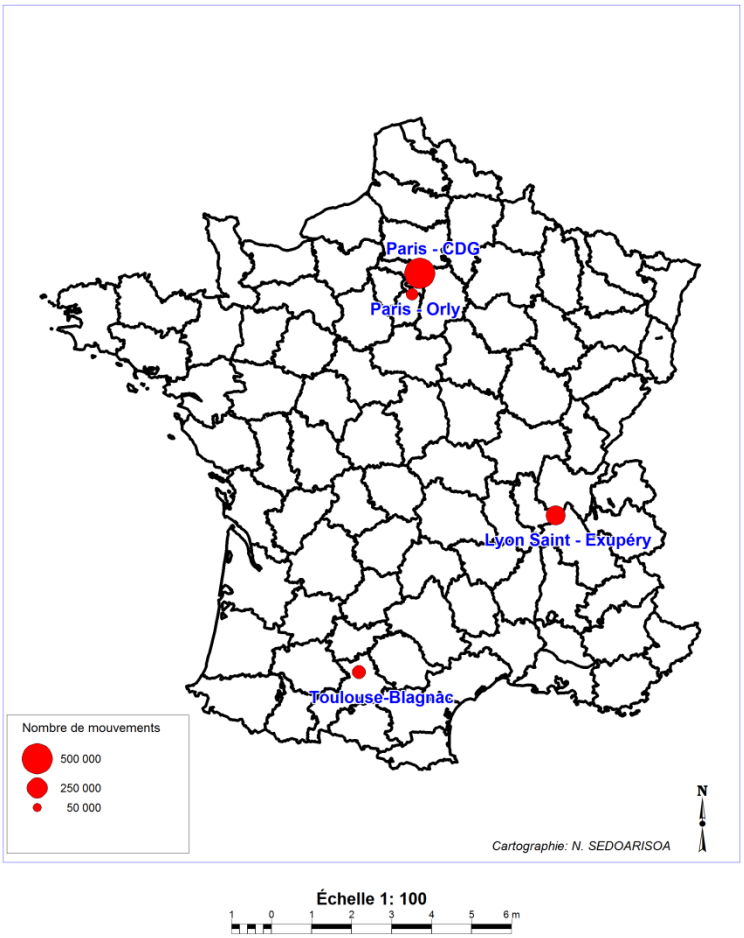


Figure 2: Localisation et nombre de mouvements des aéroports en 2012.

Paris-CDG et Paris-Orly sont situés dans la région Ile-de France, à 23 km au nord et 14 km au sud de Paris, respectivement. Paris CDG est l'aéroport le plus vaste d'Europe avec une superficie de 3 257 hectares qui s'étend sur les départements du Val-d'Oise (Roissy-en-France, Épiais-lès-Louvres), de la Seine-Saint-Denis (Tremblay-en-France) et de Seine-et-Marne (Mauregard, Le Mesnil-Amelot et Mitry-Mory). La plate-forme est constituée des quatre pistes opérationnelles.

L'aéroport de Paris-Orly est réparti entre les départements de l'Essonne et du Val-de-Marne. Ses 1 528 hectares se répartissent sur sept communes appartenant à ces deux départements : Paray-Vieille-Poste, Wissous, Athis-Mons, Chilly-Mazarin, Morangis, Villeneuve-le-Roi et Orly. La plateforme possède trois pistes opérationnelles, dont deux sont orientées Est-Ouest et utilisées pour

l'exploitation courante de l'aéroport ; la troisième, orientée Nord-Sud, sert de piste de secours, en cas de travaux ou de fort vent de travers sur les autres pistes.

Lyon-Saint-Exupéry (anciennement dénommé Aéroport de Satolas) quant à lui, est situé à 25 km à l'est de Lyon, dans le département du Rhône. L'aéroport s'étend sur une superficie de 2 000ha, dont 900 de réserves foncières. Il est situé sur les communes de Colombier-Saugnieu (majoritairement), Pusignan, Genas et Saint-Bonnet-de-Mure.

Enfin, Toulouse-Blagnac est situé à 7 km au nord-ouest de la ville Toulouse, au cœur de la Région Midi-Pyrénées. La plate-forme, qui couvre une surface de 700 ha, est implanté en limite nord-ouest de la ville de Toulouse sur les communes de : Toulouse, Blagnac, Colomiers et Cornebarrieu. Ces quatre communes sont situées dans le département de la Haute-Garonne. L'aéroport dispose de deux pistes orientées Sud-Est / Nord-Ouest, dont l'une est utilisée préférentiellement par les activités commerciales et l'autre préférentiellement par les activités des constructeurs.

1.5.2. Trafics

Les chiffres cités ici proviennent de la Direction Générale de l'Aviation civile (DGAC/DTA/SDE, 2013). Le graphique suivant (figure 3) présente sur la période 1986-2012 le nombre de mouvements (atterrissages et décollages) pour chaque aéroport.

En ce qui concerne les trafics, Paris – CDG est le premier aéroport français, et la deuxième plus importante plate-forme de correspondance aéroportuaire d'Europe, après l'aéroport international de Londres Heathrow, en Grande-Bretagne et le septième aéroport mondial pour le trafic passagers avec 61,5 millions de passagers en 2012. Entre 1986-2012, il a enregistré un taux de croissance annuel moyen (t.c.a.m) du nombre de mouvements de 4,8%. En 2012, le nombre de mouvements (atterrissages et décollages) atteint 492 000, soit environ 1347 mouvements par jour (1412 mouvements par jour en moyenne entre 2000 – 2012). Ces mouvements sont dispersés sur différentes trajectoires, avec des densités de survols plus ou moins importantes selon la zone située autour de l'aéroport.

Paris-Orly est le deuxième aéroport français avec 27,2 millions de passagers en 2012. Entre 1986 -2012, il a enregistré le t.c.a.m du nombre de mouvements le plus faible : 1,3% pour le nombre de mouvements en raison du plafonnement du nombre de créneaux attribué. Pour la même année, le nombre de mouvements atteint 231 000, soit environ 633 mouvements par jour (611 mouvements par jour en moyenne entre 2000-2012).

Lyon Saint-Exupéry est le quatrième aéroport français, avec 8,4 millions de passagers en 2012. Entre 1986-2012, il a enregistré un t.c.a.m de 3,3% pour le nombre de mouvements. En 2012, le nombre de mouvements atteint 117 000, soit 320 mouvements journalier (332 mouvements par jour en moyenne entre 2000-2012).

Sixième aéroport français avec 7,5 millions de passagers en 2012, Toulouse-Blagnac est le plus petit en termes de nombre de mouvements commerciaux. Cependant, il a connu le t.c.a.m. du nombre de mouvements le plus élevé : 5,8%. En 2012, le nombre de mouvements atteint 90 000, soit 247 mouvements par jour (225 mouvements par jour en moyenne entre 2000 – 2012). En plus des trafics commerciaux, la plateforme accueille le trafic non-commercial, constitué essentiellement par : les vols liés à la construction aéronautique, l'aviation générale, dont l'aviation d'affaires, l'aviation légère, et les vols liés aux liaisons assurées pour le Centre d'Essais en Vol. Selon la DGAC Sud, ces types de trafic ne devraient pas connaître à l'avenir d'évolution significative, voire une régression, notamment pour les vols d'aviation générale (DGAC Sud, 2005). Néanmoins, ceci ne va pas sans poser de problèmes aux riverains. Par exemple, les essais de l'A380 qui se déroulent à Toulouse-Blagnac. Les avions à l'essai survolent les habitations à très basse altitude (CCNAAT, 2006). Ils sont à moins de 200 mètres d'altitude quand ils effectuent leur virage à l'atterrissage au dessus de Lardenne (un quartier de la ville de Toulouse). C'est d'ailleurs pourquoi les associations de riverains demandent l'interdiction de cette procédure.

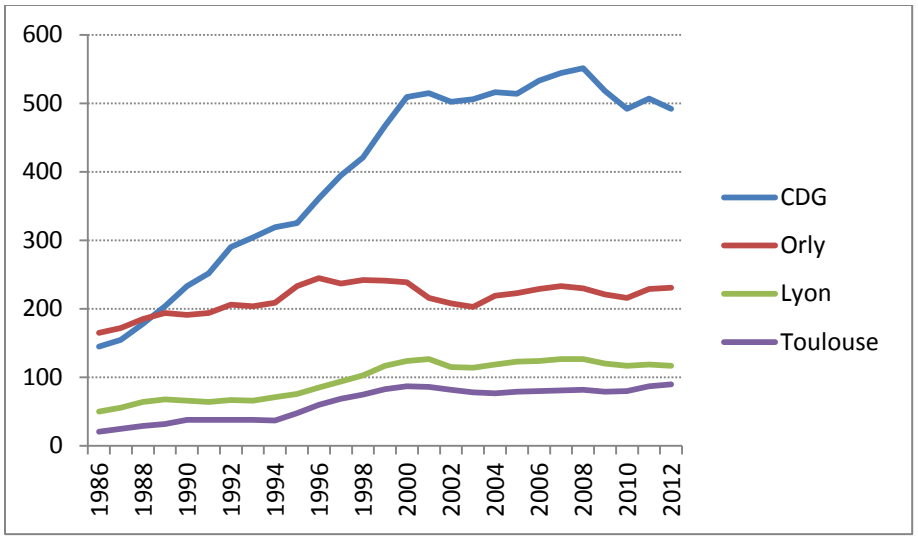


Figure 3: Croissance des trafics (passagers et fret) entre 1989 et 2012 dans les quatre aéroports étudiés.

Source : DGAC/DTA/SDE, juin 2013

1.5.3. Mesures adoptées pour lutter contre les nuisances sonores

Dans chaque aéroport, la lutte contre les nuisances sonores a fait l'objet d'un certain nombre de mesures, parmi lesquelles : les aides financières à l'insonorisation des logements situés à l'intérieur du périmètre du plan de gêne sonore (PGS) ; la maîtrise de l'urbanisation à l'aide du PEB ; la restriction du trafic en volumes, types d'avions, horaires surtout la nuit ; la recherche des meilleures technologies pour les avions, ce qui permet entre autres d'atténuer leurs émissions sonores. L'annexe 1 présente l'ensemble des mesures muses en place au sein de chaque aéroport. Ainsi, l'ensemble des aéroports étudiés sont concernés par le dispositif d'aide financière à l'insonorisation des logements des riverains. Ils sont aussi concernés par les mesures visant à maîtriser l'urbanisation à l'aide du PEB. Cependant, certaines restrictions d'exploitation sont propres à chaque aéroport:

- la limitation du trafic nocturne avec un couvre-feu général à Orly (entre 23h 15 et 6h) et un couvre-feu pour les avions bruyants à Paris-CDG, Toulouse, Lyon ;
- le nombre annuel de mouvements est limité à Orly (plafonné à 250 000);
- les essais moteurs sont interdits la nuit à Paris-CDG, à Toulouse et à Lyon;

- le respect des quotas de bruit est imposé à Paris-CDG pour les avions les plus bruyants du chapitre 3 ;
- les volumes de protection environnementale sont mises en place à Paris-CDG et à Orly. Grâce à ces volumes, le trafic est contenu dans des couloirs aériens précis, réduisant ainsi l'impact des nuisances sonores. Etc.

1.2.5. Occupation du sol

Les aéroports étudiés se différencient aussi par l'occupation du sol à leur voisinage. Les critères de délimitation des zones d'études sont expliqués dans le chapitre 3.

La zone d'étude de Paris-CDG s'étend sur les départements du Val-d'Oise, de la Seine-Saint-Denis et de la Seine-et-Marne. Comme le montre la figure 4, l'occupation du sol est très hétérogène autour de l'aéroport. Au sud-ouest et au sud, représentés par les départements du Val-d'Oise et de la Seine-Saint-Denis, le tissu urbain est très dense. Par ailleurs, l'aéroport de Paris- le-Bourget est imbriqué. L'aéroport de Paris-CDG situé au centre de la zone d'étude est situé dans un tissu urbain moins dense que le sud-ouest et l'ouest de la zone d'étude. A l'est de la zone d'étude (Département de la Seine-et-Marne), l'occupation du sol y est plus variée. Elle est largement dominée par des terres agricoles et des zones boisées. La zone exposée au bruit de l'aéroport est caractérisé dans le département du Val-d'Oise par zones très urbanisées comme les communes de Goussainville, Villiers-le-Bel, Arnouvilles-les-Gonesses, Gonesses ou Sarcelles. Dans le département de la Seine-et-Marne, la plus grande partie de la zone est occupée par des surfaces agricoles. On y retrouve très peu de zones urbanisées. Elles sont présentes dans les communes de Le Mesnil-Amelot, Saint-Mard, Juilly, Nantouillet. Certaines communes comme Montgé-en-Goëlle, Cuisy se caractérisent par des zones boisées. Dans le Département de la Seine-Saint-Denis, la zone de bruit est largement occupée par des zones industrielles ou commerciales ainsi des terres agricoles (commune de Tremblay-en-France).

La zone d'étude de Paris-Orly (figure 5) s'étend sur les départements du Val-de-Marne et de l'Essonne. L'aéroport de Paris-Orly est imbriqué dans un tissu urbain très dense. Au nord de la zone, dans le département du Val-de-Marne, l'occupation du sol est dominée par un tissu urbain

dense caractéristique des communes de la petite couronne de la région Ile-de-France. Dans le département de l'Essonne, l'occupation du sol est plus hétérogène, avec une alternance de terre arable, de zone urbanisée et de forêts. La zone de bruit de l'aéroport est, dans le département du Val-de-Marne, dominé par des tissus urbains très denses, avec des communes comme Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Ablon-sur-Seine, Limeil-Brévannes. Dans le département de l'Essonne, cette zone est caractérisée par une alternance de zones industrielles ou commerciales, des surfaces arables ou des zones boisées. On y retrouve que très peu de zones urbanisées comme dans les communes de Chilly-Mazarin, Champlan ou Wissous.

Pour l'aéroport de Toulouse-Blagnac, la zone d'étude couvre le département de la Haute-Garonne (figure 6). Elle est également caractérisée par une zone très urbanisée et des zones industrielles et commerciales à l'est et au sud-ouest et principalement par des surfaces arables et des zones agricoles et surfaces boisées au nord-est. La zone exposée au bruit se caractérise, du nord au sud, par une alternance de zone agricole (communes de Merville, Aussonne, etc.), zone industrielle (commune de Blagnac, etc.) et de zone très densément peuplée de la commune de Toulouse.

Enfin, en ce qui concerne l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry, la zone d'étude couvre trois départements : l'Ain (au nord), l'Irèse (à l'est et au sud) et Lyon à l'ouest (figure 7). L'occupation du sol dans la zone est hétérogène, avec des zones très urbanisées à l'ouest et des zones agricoles et des surfaces boisées au nord, à l'est et au sud. La principale particularité de la zone exposée au bruit de l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry, par rapport aux trois aéroports précédents est, qu'elle est dominée par des espaces et milieux naturels, comme des surfaces arables et des zones boisées. Elle se caractérise aussi par une grande variété de paysage : des paysages buttes à Pusignan ou à Vilette-d'anton ou à Saint-Bonnet-de-Mure, des ambiances bocagères à Genas.

Ainsi, les trois aéroports : Paris-CDG, Paris-Orly et Toulouse-Blagnac sont caractérisés par des occupations du sol hétérogène, tandis que l'Aéroport de Lyon Saint-Exupéry se caractérise par son implantation en zone rurale.

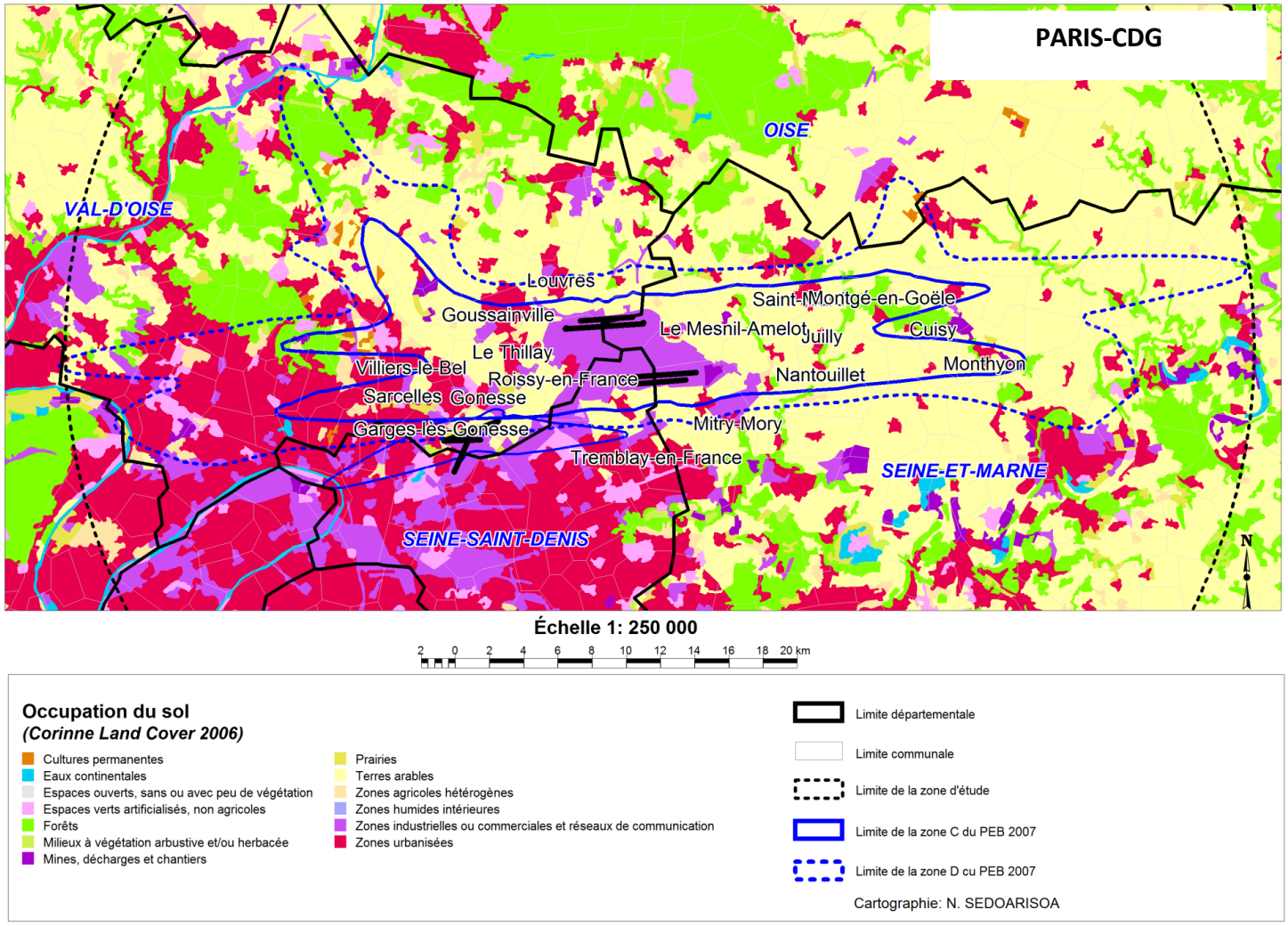


Figure 4: Occupation du sol autour de l'aéroport de Paris-CDG

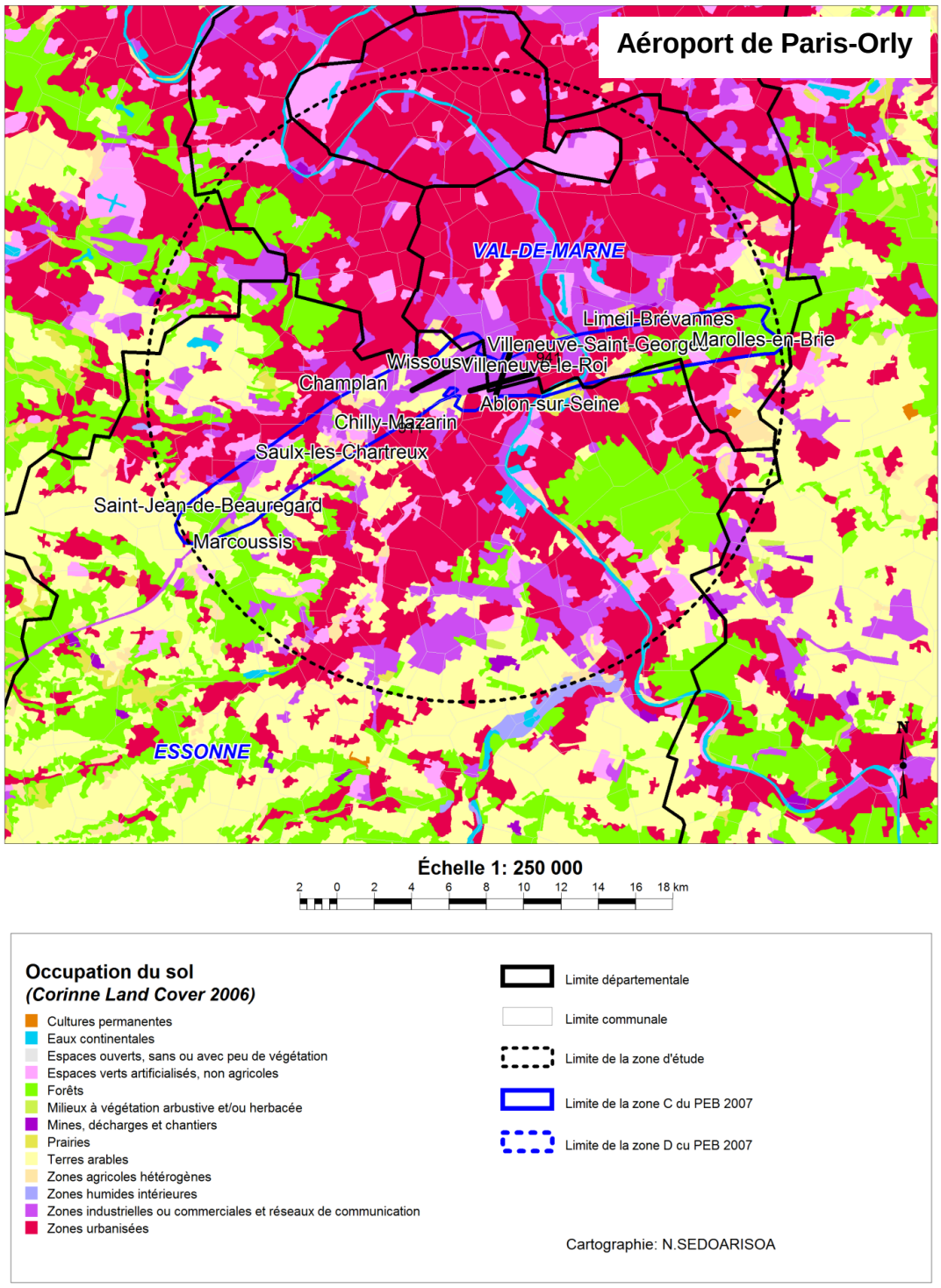


Figure 5: Occupation du sol autour de l'aéroport de Paris-Orly

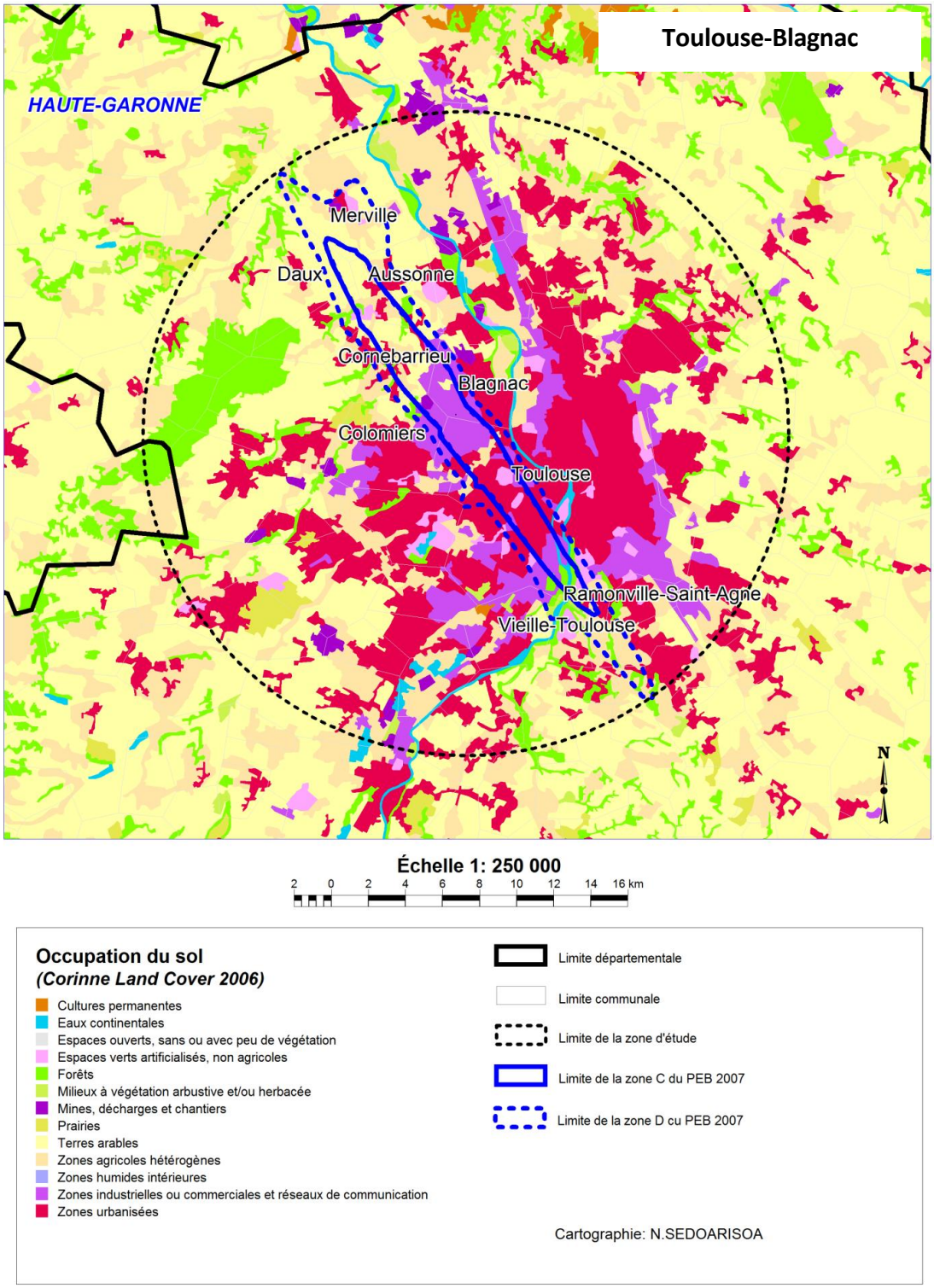


Figure 6: Occupation du sol autour de l'aéroport de Toulouse-Blagnac

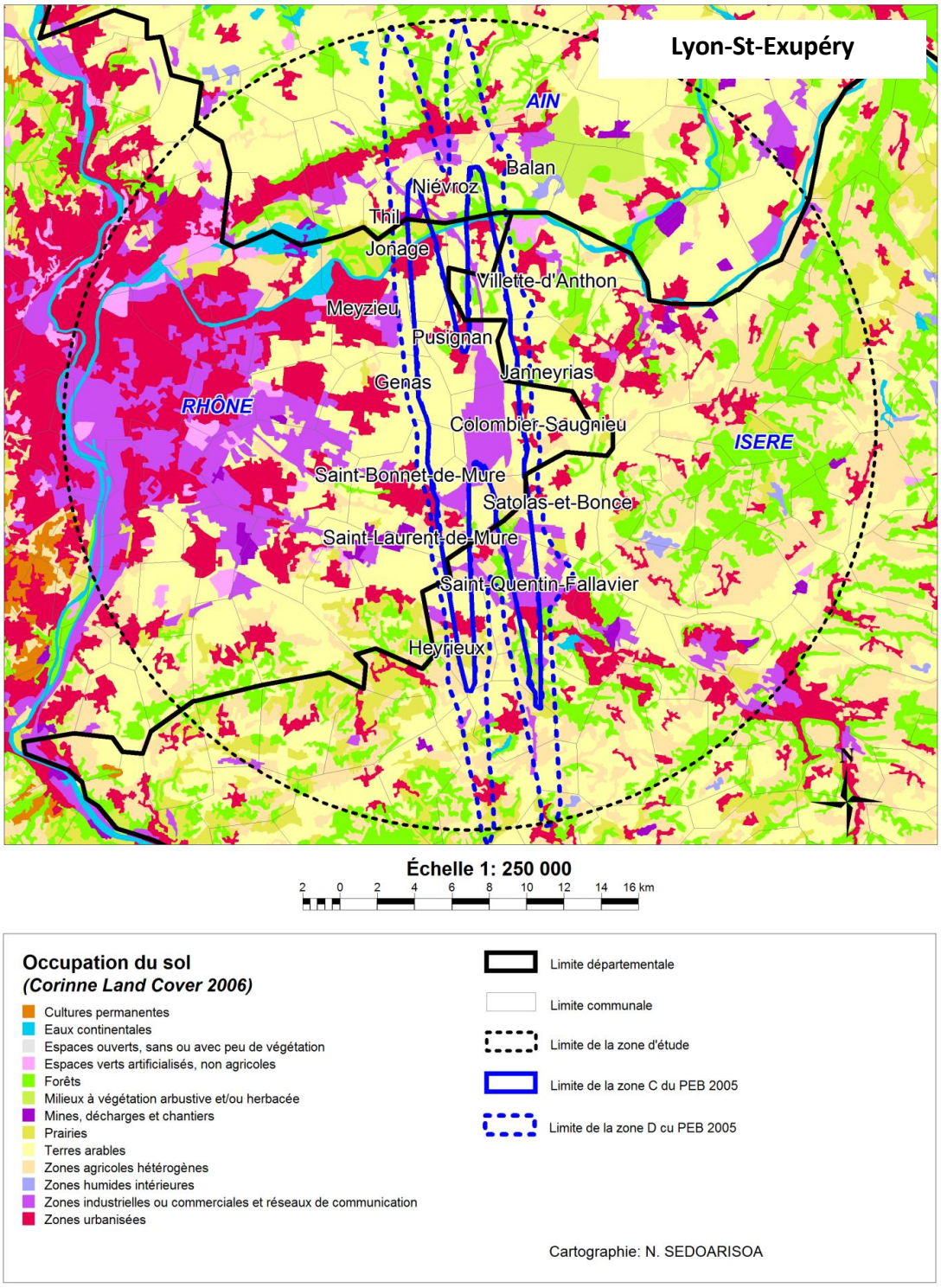


Figure 7: Occupation du sol autour de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry

C h a p i t r e 2

LES NOTIONS FONDAMENTALES A MOBILISER

Introduction

Le bruit est un phénomène complexe dont les impacts sur la qualité de vie tendent à augmenter dans nos sociétés occidentales. Nous présentons dans ce premier chapitre ce que recouvre cette notion, la manière avec laquelle les nuisances sonores sont mesurées, la manière d'appréhender la gêne sonore par une exposition simultanée à plusieurs sources de bruit, les populations exposées à cette nuisance ainsi que les effets potentiels pouvant être engendrés sur les êtres humains lorsque ceux-ci sont surexposés.

Ces connaissances sont utiles aussi bien comme données d'entrées dans nos analyses que pour conduire nos réflexions méthodologiques et les interprétations des résultats.

2.1. Définition du bruit

Le bruit désigne tout son désagréable, gênant, indésirable. Le son quant à lui est défini comme un phénomène physique dû à une variation rapide de la pression atmosphérique qui se propage sous forme d'ondes.

La directive européenne 2002/49/CE[16] définit le bruit dans l'environnement comme le son extérieur non désiré ou nuisible résultant d'activités humaines, y compris le bruit émis par les

[16] Cette directive européenne est relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. Elle a pour objet de définir une approche commune à tous les Etats membres dans la façon d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de l'exposition au bruit dans l'environnement.

- Elle a instauré l'obligation d'élaborer des cartes de bruit et des plans d'action pour les grandes infrastructures de transports terrestres, les principaux aéroports et les grandes agglomérations. Elle énonce des exemples d'actions de lutte contre le bruit : la planification du trafic, l'aménagement du territoire, les mesures techniques au niveau des sources de bruit, la sélection de sources plus silencieuses, la réduction de la transmission des sons, les mesures ou incitations réglementaires ou économiques…
- Les plans d'action doivent viser à traiter les zones où des valeurs limites fixées sont dépassées.
- Les autorités compétentes doivent également garantir l'information du public en ce qui concerne le bruit dans l'environnement et ses effets. Le public doit être consulté sur les propositions relatives aux plans d'action.

moyens de transports, le trafic routier, ferroviaire ou aérien (voir encadré 2) et provenant de sites d'activité industrielle.

Contrairement à la pollution atmosphérique, la pollution sonore est un phénomène ponctuel, après cessation du bruit, il n'y a pas de pollution rémanente, pas de trace. A cette particularité s'ajoute que cette pollution est strictement liée à la perception du phénomène physique par l'individu.

La pollution sonore engendrée par les avions

La pollution sonore des transports aériens trouve son origine dans deux sources principales : le bruit du moteur et le bruit aérodynamique.

Le bruit du moteur provient à la fois du bruit du jet, des bruits internes (bruit des parties tournantes du moteur) et du bruit de la combustion. Le bruit de jet est dû à la génération de fortes turbulences dans la zone où les gaz chauds à haute pression éjectés de la tuyère du moteur se mélangent à l'air ambiant. Le bruit de jet à été fortement réduit dans les moteurs modernes. Le bruit des parties tournantes est caractérisé par la présence de fréquences pures (bruits de raies) qui se superposent à un bruit à large bande. Enfin, le bruit correspondant à des fréquences pures de combustion est attribué à des fluctuations volumétriques du gaz en expansion causées par une combustion non stable du kérosène.

Le bruit aérodynamique, quant à lui, est dû aux turbulences aérodynamiques créées autour de l'avion Le bruit des volets, des becs et du train d'atterrissage en sont des exemples. Le bruit aérodynamique est de même nature que le bruit de jet. Compte tenu des progrès réalisés sur les moteurs, cette source de bruit devient aussi importante que le bruit du moteur pour les phases d'atterrissage. Par ailleurs, le bruit produit par les avions lors de leur stationnement (essais moteurs ou de leur roulage au sol peut être une source de nuisances sonores pour les riverains des aéroports. C'est l'une des raisons pour lesquelles les dispositions à prendre pour réduire les bruts doivent être adaptées à chaque aéroport. Les caractéristiques physiques propres à chaque terrain et les conditions d'exploitation en vigueur font, en effet, de chaque aéroport un cas particulier.

Le bruit perçu au sol aux alentours d'un aéroport dépend de la phase de vol (décollage ou atterrissage) du type d'avion (gros porteur, moyen ou court courrier) et de la distance à la piste (voir tableau ci-dessous)

	Au décollage		***À l'atterrissage (en descente continue)***	
	à 10 km	***à 30 km***	***à 75 km***	***à 10 km***
Gros porteur (type Boeing B 747)	77 dB(A)	64 dB(A) à 50 km	55 dB(A)	75 dB(A)
Moyen courrier (type Airbus A 320)	69 dB(A)	57 dB(A)	52 dB(A)	72 dB(A)
Court courier (type Embraer 145)	64 dB(A)	53 dB(A)	48 dB(A)	65 dB(A)

Encadré 2: La pollution sonore engendrée par les avions.

Source : DGAC, 2004

Le bruit est dû à une variation de pression de l'air qui nous entoure. L'oreille humaine est sensible à la fois (Kail et al. 1999) :

A l'amplitude de cette variation de pression (intensité). Le seuil d'audition est de 2.10-5 Pa et le seuil de douleur est de 20 Pa. Cette large plage auditive a été traduite en une échelle de mesure logarithmique, où le zéro absolu a été placé au seuil d'audition et dont l'unité est le bel (B). Pour une question de facilité, on utilise le dixième du bel, soit le décibel (dB). Les niveaux audibles s'échelonnent dès lors de 0 à 120 dB (tableau 4). Le recours à cette échelle logarithmique entraîne par exemple que le doublement de la puissance acoustique de la source engendre une augmentation du niveau de bruit de 3 dB. Augmenter le niveau sonore de 5 dB revient à le multiplier par trois.

A la fréquence de cette variation de pression (Hz). L'oreille humaine ne perçoit que les bruits dont la fréquence est comprise entre 20 Hz (grave) et 16 000 Hz (aigu). Notre oreille joue un rôle de filtre en fonction de la fréquence : elle amplifie légèrement les fréquences médium (entre 1000 et 4000 Hz) et atténue les autres fréquences. Ce filtre est reproduit par des courbes de pondération qui sont des courbes physiologiques. La pondération la plus couramment utilisée dans le domaine du bruit de l'environnement est la courbe A, qui donne lieu à la notation usuelle de dB(A).

A la durée qui est évaluée selon deux échelles de temps différentes : a) une échelle courte, de l'ordre de la seconde, qui permet l'étude des sons brefs (bruits d'impact, bruits impulsionnels) ou variant rapidement (la parole) ; b) une échelle moins fine (heure, journée) qui est utilisée pour l'étude des bruits dans l'environnement et permet notamment d'apprécier la gêne.

Le tableau 2 donne une illustration des niveaux de bruit des transports.

dB(échelle logarithmique)	*Véhicules bruyants*	*Niveau*
35	Bateau à voile	Voix chuchotée
50	Automobile silencieux	Rue tranquille
60	Bateau à moteur	Rue résidentielle
65	Automobile sur route	Appartement bruyant
75	Métro sur pneus	Atelier dactylographique
85	Klaxon d'automobile	Atelier d'usinage
95	Avion de transport à hélice	Atelier de forgeage
100	Métro	Marteau piqueur à 10 m
110	Train passant dans une gare	Atelier de rivetage (seuil de la douleur)
120	Moteur d'avion à quelques mètres	Banc d'essai à moteur
140	Turboréacteur, banc d'essai	

Tableau 2: Illustration du niveau de bruit. Source : D'après Barraqué, *La lutte contre le bruit*, éd. De l'OCDE. La documentation française, 1991

Le tableau suivant (tableau 3) montre comment la perception du bruit varie en fonction de la variation du niveau du décibel.

Le plus faible changement d'intensité sonore perceptible par l'audition humaine est del'ordre de 2 dB(A). Une variation de 3 dB(A) est juste perceptible. La perception du bruit double de volume pour chaque augmentation de 10 dB(A) du niveau sonore. Un son de 80 dB(A) est perçu comme deux fois plus fort qu'un son de 70 dB(A), soit quatre fois plus fort qu'un son de 60 dB(A) et huit fois plus fort qu'un son de 50 dB(A).

Augmenter le niveau sonore de :	*C'est multiplier le nombre de sources par :*	*C'est faire varier l'impression sonore :*
3 dB(A)	2	Très légèrement : on fait difficilement la différence entre deux lieux où le niveau diffère de 3dB(A)
5 dB(A)	3	Nettement : on ressent une aggravation ou on constate une amélioration lorsque le bruit augmente ou diminue de 5 dB(A)
10 dB(A)	10	Comme si le bruit était deux fois plus fort
20 dB(A)	100	Comme si le bruit était 4 fois plus fort. Une variation brutale de 20 dB peut réveiller ou distraire l'attention.
50 dB(A)	100 000	Comme si le bruit était 30 fois plus fort. Une variation brutale de 50 dB fait sursauter.

Tableau 3: L'addition des décibels.

Source : Centre scientifique et technique du bâtiment

2.2. Mesures physiques du bruit

Il existe un grand nombre d'indices « acoustiques ». Ceux- ci peuvent être classés en deux grandes familles : a) les indices de type événementiel et b) les indices de type intégré (moyenne énergétique sur une période). Seuls les principaux, ceux le plus souvent utilisés dans le cadre d'études comme la nôtre, sont présentés ci-après.

2.2.1. Les indices évènementiels

Les indices acoustiques événementiels s'intéressent aux pics de bruit. Un pic de bruit correspond à une augmentation rapide suivie d'une diminution rapide du niveau de bruit. Il traduit l'émergence d'un bruit particulier par rapport au bruit de fond (ANSES, 2013).

Dans cette catégorie, le LAmax correspond à la valeur maximale du niveau de pression acoustique exprimé en décibel pondéré A (dB(A)), déterminé sur un intervalle de temps T en utilisant la pondération temporelle « rapide » (*fast*) c'est-à-dire sur une durée de 125 ms (milliseconde). Cet indice représente le niveau maximum atteint lors des pics de bruit et permet la prise en compte de crêtes de bruit élevées. Il paraît relativement bien adapté pour décrire la gêne

événementielle et est très utilisé dans les recherches sur les perturbations du sommeil par le bruit (ibid.). Cependant, cet indice ne retient que le niveau maximum du bruit perçu pendant une durée très courte, ce qui ne permet pas d'avoir une idée de l'exposition globale au bruit (ibid.).

Le LAE ou SEL ou « *Sound-Exposure-Level* » correspond au niveau d'un bruit équivalent stable pendant une durée de 1 seconde, qui possède la même énergie acoustique que le bruit variable résultant, par exemple, du passage de l'avion. Le SEL permet donc de représenter l'énergie d'un pic de bruit en tenant compte de la durée, ce qui facilite les comparaisons entre deux événements de durées différentes. En revanche, le SEL ne représente pas une valeur physique directement mesurable, au sens où sa valeur est supérieure au LAmax, ce qui peut poser problème en termes de communication et de compréhension (Ibid.).

Le NAx (Noise *Events Above*) représente quant à lui le nombre d'événements (passages de trains, survols, *etc.*) dépassant un seuil de bruit fixé. Cet indice est facile à comprendre et paraît relativement bien adapté pour décrire la gêne liée à de nombreux pics de bruit. Toutefois, l'utilisation de cet indice nécessite une bonne identification des contributions respectives de chacune des sources en présence. Par exemple, les indices NA62 et NA65 correspondent respectivement au nombre d'événements de type aéroportuaire dont le niveau maximal LAmax dépasse 62 dB(A) et 65 dB(A). L'indice NAx est utilisé en Australie et recommandé pour mener des études prospectives par le *Federal Interagency Committee On Noise* (FICON, États-Unis) (ACNUSA, Rapport d'activité 2005). En France, l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroportuaires ou ACNUSA recommande également l'usage de cet indice en complément de l'indice LDEN (voir ci-dessous)) pour l'élaboration des études d'impact. En effet, cette recommandation permet à la fois une protection des communes subissant de nombreux survols faisant un bruit très important et des communes subissant un bruit un peu moins important mais impactées par un nombre très important de survols (ACNUSA, Rapport d'activité 2005).

2.2.2. Les indices énergétiques

Durant une période de temps, l'évènement sonore sera différent en intensité, il va apparaître à différents moments de la journée, et va apparaître plus ou moins souvent dans différentes heures

de la journée. Cela implique la nécessité de disposer d'un indicateur qui peut balancer l'intensité du bruit, la fréquence, la durée du bruit et le nombre d'évènements sonores au cours d'une période donnée. Les indices acoustiques intégrés s'intéressent ainsi à une dose moyenne d'énergie acoustique délivrée pendant une durée donnée.

Il s'agit par exemple du LAeq. Le LAeq représente le niveau de pression acoustique constant sur toute la durée de l'évènement, qui possède la même énergie acoustique que le bruit variable résultant du passage de l'avion. Il est exprimé en dB(A). Si l'on s'intéresse uniquement au passage d'un avion, le niveau équivalent sera moyenné sur la durée du passage mais on peut calculer la moyenne du niveau sonore sur n'importe quelle période plus ou moins longue si l'on veut prendre en compte le cumul des bruits. Si l'on prend une période de jour (entre 6 h et 18 h), cet indicateur de niveau équivalent se note LD (ou LDay). Si l'on calcule le niveau équivalent pendant la période entre 18 h et 22 h, cet indicateur se note LE (LEvening) et enfin si l'on calcule le niveau équivalent entre 22 h et 6 h du matin, cet indicateur se notera LN (LNight). Cet indice caractérise bien la « dose » (en termes d'énergie acoustique) de bruit reçue pendant une période donnée T. Toutefois, cet indice est toujours associé à la durée de la période de mesure et ne permet pas de comparer des pics de bruit de durées différentes et présente le défaut important de ne pas fournir d'informations, dans le cas de bruits fluctuants, sur la dynamique réelle (ANSES, 2013).

Suite à la mise en application de la Directive européenne 2002/49/CE[17], la France, comme dans la plupart des pays Européens, utilise désormais pour mesurer le bruit des transports, l'indice LDEN : *Level-Day-Evening-Night*. Le LDEN est un niveau composite d'évaluation du niveau sonore sur 24 h (jour-soir-nuit), exprimé en dB(A). Il est évalué sur une période d'une année pour être représentatif de la variabilité de l'émission sonore et des conditions de propagation. Il désigne le niveau sonore continu équivalent composé de la moyenne énergétique des niveaux sonores continus équivalents mesurés sur trois intervalles de référence de jour, de soirée et de nuit, auxquels sont appliqués des termes correctifs majorants, avec des pénalisations différentes selon l'heure. Les

[17]Décret n°2002-626 du 26avril2002.

niveaux sonores moyens de soirée et de nuit sont augmentées respectivement de 5 et 10 dB(A)[18] par rapport au niveau de jour, parce que ressentis comme plus gênants par les personnes exposées. De ce fait, en accordant une pondération supérieure aux niveaux moyens de bruits subis pendant les périodes au cours desquelles la population est susceptible d'être la plus gênée (soir, nuit) et que, de ce fait, l'indice LDEN apparaît davantage représentatif de la gêne subie que le niveau continu équivalent LAeq (traditionnellement utilisé dans les recommandations de l'OMS). IL est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$L_{DEN} = 10 \times Log \frac{1}{24}\left[12 \times 10^{\frac{L_D}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_E+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_N+10}{10}}\right]$$

Où :

L_D= Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2:1987, déterminé sur la période de jour s'étendant de 6 heures à 18 heures ;

L_E= Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2:1987, déterminé sur la période de soirée s'étendant de 18 heures à 22 heures ;

L_N = Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2 :1987, déterminé sur la période de nuit s'étendant de 22 heures à 6 heures, le lendemain.

La Directive européenne rend obligatoire l'utilisation du LDEN et du LN tout en laissant le champ ouvert à l'utilisation d'autres indices (comme le LAmax). Les valeurs limites (dont le dépassement peut justifier l'adoption de mesures de réduction du bruit) prises par la France en application de cette Directive sont reportées dans le tableau suivant (tableau 4).

[18] Ces pénalités visent à tenir compte des différentes sensibilités au bruit selon les périodes. En effet, l'indice Lden considère que le bruit est cinq fois plus gênant en soirée qu'en journée et dix fois plus gênant la nuit.

Par ailleurs, l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) du 6 mai 2004 relatif à la protection des personnes exposées au bruit des avions recommande pour évaluer et gérer la gêne liée au bruit des infrastructures aéroportuaires, d'utiliser l'indice Laden et de ne pas dépasser, en façade des habitations, un niveau LDEN de 60 dB(A), toutes sources confondues (CSHFP, 2004). La valeur limite LDEN de 55 dB(A) indiquée dans le tableau ci-dessus correspond à la limite en France mesurée en champ libre.

Indicateurs	***Aérodromes***	***Routes et/ou LGV***	***Voies ferrées conventionnelles***	***Activités industrielles***
LDEN dB(A)	55[i]	68	73	71
LN dB(A)	-	62	65	60

[i] Il s'agit de niveaux sonores évalués en façade de bâtiment sans prise en compte de la dernière réflexion pour les bruits de transport terrestre, en champ libre pour les bruits d'aéronefs

Tableau 4: Valeurs limites en France après transposition de la Directive 2002/49/CE.

Source : ANSES, 2013

Le LDN *(day-night level)* est un indice très similaire au LDEN, utilisé par certains pays comme les Etats-Unis. Il est basé sur le niveau énergétique équivalent sur une journée complète (jour par exemple 6 – 22h /nuit, par exemple 22h – 6h)), auquel une pénalité de 10 dB(A) a été introduite pour la période de nuit (les niveaux mesurés de nuit sont augmentés de 10 dB(A)). Dans la pratique cet indice n'est plus beaucoup utilisé en Europe depuis l'apparition du LDEN qui prend en compte la période de soirée. Il existe la relation suivante entre les indices LDEN et LDN : un LDEN est approximativement équivalent à LDN plus 1 dB(A) (Miedema et Oudshoorn, 2001).

2.3. Les indicateurs spatiaux de mesure du bruit : les courbes iso-phoniques

Les indicateurs précédemment définis permettent d'estimer l'impact du bruit d'avion sur les espaces situés au voisinage d'un aéroport, car on peut les prédire à l'aide de modèles mathématiques.

Il est en effet possible de cartographier les zones impactées par le bruit autour des aéroports en calculant en chaque point d'un maillage, l'énergie sonore cumulée reçue au sol. Pour l'indice LDEN par exemple, comme on l'a vu précédemment, les niveaux de bruit sont calculés par période (Jour, Soirée, Nuit : LD, LE, LN) et font ensuite l'objet d'un cumul pondéré (LDN ou LDEN). En reliant

entre eux l'ensemble des points ayant la même valeur, on obtient une courbe dite isophonique. Les courbes isophoniques sont reportées sur des cartes de bruit. Comme nous allons le voir plus loin, on peut en dériver les indicateurs, par exemple démographiques en croisant les courbes avec les données issues de recensements territoriaux.

Aujourd'hui, un grand nombre de pays, comme la France, utilisent pour calculer le bruit autour d'un aéroport le logiciel INM *Integrated Noise Model*, mis au point par la *Federal Aviation Administration* (FAA). Les données nécessaires à la modélisation du bruit aérien sont constituées : i) selon le cas, des mouvements d'avions passés, donc constatés, ou pris pour hypothèse en ce qui concerne les mouvements futurs ; ii) les caractéristiques propres à chacun de ces aéronefs (leur « signature sonore ») ; iii) les caractéristiques du site : sens des pistes, météo, relief, etc. Dans le cas général, la modélisation tient compte soit du trafic de l'année complète, soit d'une période suffisamment représentative[19]. En France, différentes cartes résultant de ces modélisations sont utilisées: le Plan d'exposition au bruit (PEB), le Plan de gêne sonore (PGS), les cartes stratégiques du bruit au sens de la directive européenne 2002/49/CE (CSB) et les Courbes d'Environnement Sonores (CES) (seulement disponibles pour les aéroports parisiens).

Ces cartes seront utilisées par la suite pour mener à bien autant les objectifs de la thèse que ceux du projet de recherche dans lequel elle s'inscrit.

Les sous-sections suivantes présentent successivement ces différentes cartes.

2.3.1. Le plan d'exposition au bruit

Le plan d'exposition au bruit (PEB) sert à maîtriser l'urbanisation au voisinage d'un aéroport. Il fixe les conditions d'utilisation des sols exposés aux nuisances dues au bruit des

[19] Par exemple, en Ile de France, il s'agit du niveau de bruit sur des journées caractéristique définies annuellement par la DGAC (Direction Générale de Aviation Civile). Ces journées correspondent à un trafic important sans être pour autant exceptionnel.

avions. Il a été institué par la loi n° 85.696 du 11 juillet 1985 relative à l'urbanisme autour des aérodromes[20]. Il comprend une carte au 1/25000 où sont inscrites les zones de bruit futur.

Les courbes sont calculées à partir d'hypothèse de trafic à court, moyen et long terme, qui tiennent compte de plusieurs paramètres, notamment : les évolutions des infrastructures (nouvelle piste par exemple), le trafic moyen quotidien de l'aérodrome à l'horizon retenu (nombre de mouvements, types d'avions) ; la répartition des mouvements selon la période de la journée (jour/nuit), la répartition des trafics dans chacune des deux directions pour chaque piste, les trajectoires réelles ou envisagées pour les aéronefs à l'horizon retenu, la répartition des mouvements sur ces trajectoires, etc. Le PEB étant «l'enveloppe » des courbes établies pour les trois horizons d'étude.

La réglementation ne définit pas précisément ces trois horizons mais il est d'usage de retenir des périodes de 0 à 5 ans, de 5 à 10 ans et de 15 à 20 ans pour les projections respectivement à court, moyen et long terme : ces horizons indicatifs peuvent être ajustés en fonction du contexte local. La pertinence de ces hypothèses est réexaminée tous les cinq ans par la commission consultative de l'environnement, lorsqu'elle existe.

Le PEB délimite trois, voire quatre zones de bruit :

- La zone de bruit fort A qui est la zone comprise à l'intérieur de la courbe d'indice LDEN 70 dB(A) ;
- La zone de bruit fort B qui est la zone comprise entre la courbe d'indice LDEN 70 et la courbe d'indice choisie entre LDEN 65 et LDEN 62 dB(A) ;
- La zone de bruit modéré C qui est la zone comprise entre la limite extérieure de la zone B et la courbe d'indice LDEN choisie entre 57 et 55 dB(A) ;
- La zone de bruit faible D qui est la zone comprise entre la limite extérieure de la zone C et la courbe d'indice LDEN 50 dB(A).

[20]Les conditions d'établissement des PEB et les restrictions d'urbanisme dans les zones de bruit autour des aérodromes sont définies dans le code de l'urbanisme (articles l147-1 à l147-8 et articles R147-1 à R147-11)

La carte suivante présente (figure 8) donne, à titre d'exemple, le PEB de Paris-CDG.

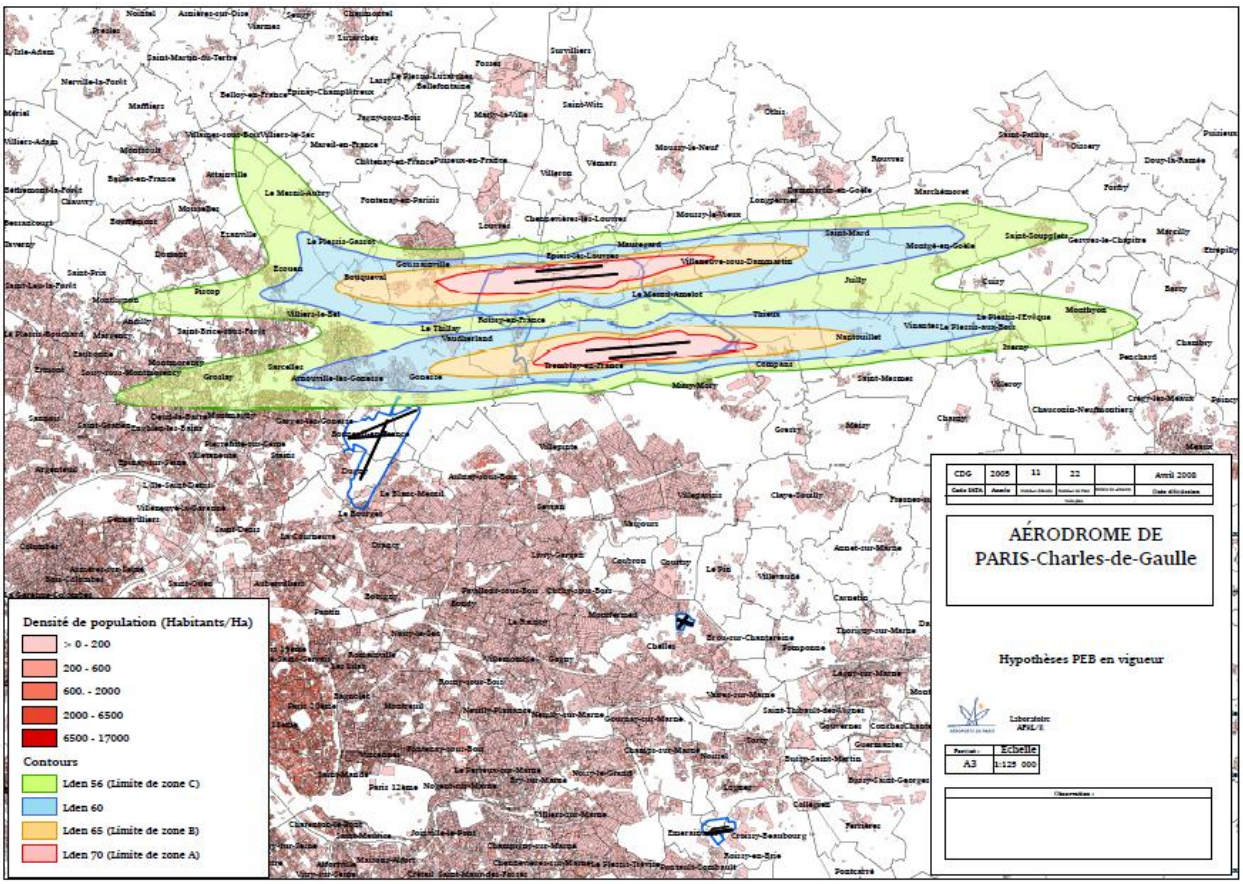


Figure 8: Plan d'Exposition au Bruit de l'aéroport de Paris-CDG.

Source : DGAC

Il convient de rappeler quelques informations qui peuvent nous aider dans la compréhension de certains de nos résultats. L'article L. 147.5 du code de l'urbanisme prévoit que dans les différentes zones définies par le PEB, l'extension de l'urbanisation et la création ou l'extension d'équipements publics sont interdites lorsqu'elles conduisent à exposer immédiatement ou à terme de nouvelles populations aux nuisances de bruit.

Les aéroports devant être dotés d'un PEB sont ceux classés en catégorie A, B et C. Sont aussi concernés les aéroports inscrits sur une liste établie par arrêtés du ministère chargé de la défense, de l'urbanisme, de l'aviation civile et de l'environnement. Sur les 600 aéroports que compte

la France, environ 170 d'entre eux sont dotés d'un PEB, y compris les aéroports de Paris-CDG, Paris-Orly, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac.

De manière générale, les constructions à usage d'habitation sont interdites dans les zones du PEB, sauf pour les exceptions suivantes :

- dans les zones A et B, seuls peuvent être autorisés les logements et les équipements publics ou collectifs liés a l'activité aéronautique, les logements de fonction nécessaires aux activités industrielles et commerciales admises dans la zone et les constructions nécessaires à l'activité agricole ;
- à l'intérieur des zones C, seules les constructions individuelles non groupées sont autorisées a condition d'être situées dans un secteur déjà urbanisé et desservi par des équipements publics et dès lors qu'elles n'accroissent que faiblement la capacité d'accueil du secteur ; à l'intérieur de ces mêmes zones C, les plans d'exposition au bruit peuvent délimiter des secteurs ou, pour permettre le renouvellement urbain des quartiers ou de villages existants, des opérations de réhabilitation et de réaménagement peuvent être autorisées, à condition qu'elles n'entrainent pas d'augmentation de la population soumise aux nuisances sonores : ces secteurs peuvent également être délimités postérieurement avec l'approbation du PEB, à la demande de la commune compétente en matière de plan local d'urbanisme, par arrêté préfectoral et après enquête publique (Article L.147.5 du code de l'urbanisme).
- Dans les zones A, B et C, la rénovation, la réhabilitation, l'amélioration, l'extension mesurée et la reconstruction sont admises à condition qu'elles n'impliquent pas d'accroissement de la capacité d'accueil d'habitants (ceci pose des problèmes aux communes concernées).
- La zone D n'implique aucune restriction à l'urbanisation.

Par ailleurs, le code de l'urbanisme précise que les constructions de nouvelles habitations autorisées dans les zones de bruit doivent faire l'objet de mesures d'isolation acoustique renforcée. De plus, à l'intérieur de chacune des zones de bruit A, B, C et D, tout contrat de location de biens immobiliers doit comporter une clause claire et lisible précisant la zone de bruit où se trouve

localisé le bien et tout certificat d'urbanisme doit spécifier l'existence de la zone de bruit et l'obligation de respecter les règles d'isolation acoustique.

Notons cependant l'exception de l'aéroport de Paris – Orly. La loi du 25 mars 2009 de mobilisation pour le logement et la lutte contre l'exclusion a introduit des dispositions spécifiques pour les aéroports. Le nombre de créneaux horaires attribuables sur l'ensemble des plages horaires d'ouverture fait l'objet d'un plafonnement réglementaire, le PEB de l'aéroport de Paris-Orly ne comporte ainsi que deux zones A et B. Toutefois, dans le périmètre défini par la zone C en vigueur au 20 février 2009, les restrictions à l'urbanisation inhérentes à une zone C telle que définie dans l'article L. 147.5 du code de l'urbanisme ci-dessous continuent de s'appliquer. De plus, dans ce même périmètre, il est désormais possible d'autoriser, dans les secteurs de renouvellement urbain, une augmentation du nombre de logements et de la population, dans une limite définie dans l'acte de création de ces secteurs, ou dans une décision modificative prise dans les mêmes formes.

Le PEB est soumis à une enquête publique et il est annexé au Plan local d'urbanisme (PLU) des communes concernées.

2.3.2. Le plan de gêne sonore

La loi n° 92-1444relative à la lutte contre le bruit a institué un dispositif d'aide à l'insonorisation des riverains des aéroports et la taxe sur les nuisances sonores aériennes destinée à couvrir les dépenses d'aide à l'insonorisation des logements autour de certains aéroports. Dans ce cadre, le PGS sert à définir les conditions d'éligibilité à l'aide à l'insonorisation des logements. Sont concernés les aéroports visés au I de l'article 1609 *quatervicies* (aéroports accueillant annuellement plus de 20 000 mouvements de plus de 20 tonnes). Ils sont aujourd'hui au nombre de douze : Bâle-Mulhouse, Beauvais-Tillé, Bordeaux-Mérignac, Lyon-Saint-Exupéry, Marseille-Provence, Mulhouse-Bâle, Nantes-Atlantique, Nice-Côte d'Azur, Paris Charles-de-Gaulle, Paris-Orly, Strasbourg-Entzheim et Toulouse-Blagnac.

Le PGS est un document cartographique comportant trois zones délimitées par des courbes correspondant à des valeurs de l'indice de bruit LDEN :

- Une zone I, comprise à l'intérieur de la courbe d'indice L_{DEN} 70 ;
- Une zone II, comprise entre la courbe d'indice L_{DEN} 70 et la courbe d'indice L_{DEN} 65.
- Une zone III, comprise entre la limite extérieure de la zone II et la courbe d'indice L_{DEN} 55.

Toutefois, les valeurs préconisées pour les zones I, II et III sont les mêmes que celles des zones A, B, C des derniers PEB (ACNUSA).

Ces zones sont établies sur la base de trafic estimé, des procédures de circulation aérienne applicables et des infrastructures qui seront en service dans l'année suivant la date de publication de l'arrêté approuvant le PGS.

2.3.3. Les cartes stratégiques de bruit

La directive européenne 2002/49 du 25 juin 2002 sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement vise notamment, aux alentours des grandes infrastructures de transport et dans les grandes agglomérations : i) à cartographier le bruit, selon une méthode commune à tous les États membres et à tous les modes de transport ; 2) à garantir l'information du public sur l'exposition au bruit actuel et futur ; 3) à définir des plans d'action afin de prévenir ou réduire l'exposition au bruit.

La transposition au niveau français de la directive (article L. 572-2 du Code de l'Environnement) prévoit simplement de compléter et de mettre à jour le rapport de présentation du PEB avec les éléments additionnels requis par la directive (décompte des populations et des établissements d'enseignement et de santé et cartes en indice de bruit la nuit - L_N).

Ce type de carte est requis sur les 9 grands aéroports fixés par l'arrêté du 3 avril 2006 et sur tous les aérodromes (sans seuil de trafic) dont la cartographie du bruit concerne le territoire des grandes agglomérations.

La cartographie stratégique publiée comporte des cartes de bruit représentant la situation de référence ainsi que des cartes de bruit long terme en L_{DEN} et en L_N. Les courbes sont construites de

5 en 5 dB(A), à partir du L_{DEN}55 et du L_N 50. La cartographie stratégique comporte également des décomptes de population, d'établissements de santé et d'enseignement.

Les cartes stratégiques sont réexaminées et, le cas échéant, révisées, au moins tous les cinq ans.

2.3.4. Les courbes d'environnement sonores

Sur certains aéroports (Paris-CDG et Paris-Orly), des CES sont produites annuellement afin de suivre régulièrement l'évolution des nuisances sonores au cours du temps. Ces courbes s'appuient sur le trafic observé durant l'année passée.

La production de telles courbes n'est pas réglementée au niveau national, mais repose la plupart du temps sur des engagements et des initiatives locales comme les chartes d'environnement. Même si aucun cadre réglementaire n'existe, il est d'usage de retenir la courbe L_{DEN} 55 comme principale référence (DGAC, 2014). Toutefois, dans le cas de Paris-CDG et Paris-Orly par exemple, elles sont construites à partir du L_{DEN} 50 dB(A), par pas de 1 dB(A). Les CES sont établies tous les ans.

Pour ces raisons, les CES sont plus intéressantes pour notre étude, par rapport aux autres courbes.

2.4. Mesurer la gêne occasionnée par la multi-exposition au bruit

Dans la plupart des cas, les personnes ne sont pas exposées à une seule source de bruit mais à une combinaison d'expositions sonores transports terrestres et aériens, activités, loisirs, voisinage, etc.). Le niveau d'exposition, mais aussi la contribution relative des différentes sources de bruit (situation de dominance d'une source sur une autre ou de non-dominance) ont un impact direct sur les jugements et la gêne ressentie et pourrait ainsi avoir un impact notamment sur la valeur économique estimée du bruit à l'aide de la MPH.

Cependant, la caractérisation de la gêne en situation de multi-exposition sonore est très complexe car il est difficile d'évaluer la contribution de chacune des sources au niveau de l'exposition, en particulier du fait du phénomène de masquage

De nombreux travaux de recherche européens et français (INRETS, SNCF, etc.) ont été menées pour sur ces questions, mais ces travaux se focalisent sur la gêne liée à l'exposition au bruit routier et ferroviaire (par exemple Champelovier et al, 2001). L'étude de P. Champelovier, C. Cremezi et J. Lambert (2001) ont toutefois permis d'avancer dans la compréhension des interactions entre la gêne due à différentes sources de bruit. Cette étude a montré que:

Lorsque le bruit reste modéré, la gêne due à une source de bruit spécifique semble liée au niveau sonore de la source elle-même plus qu'à la situation d'exposition (dominance - non-dominance) ou qu'à la combinaison des deux bruits.

En revanche, dans des situations de forte exposition, des phénomènes tels que le masquage du bruit routier par le bruit ferroviaire ou la « contamination » du bruit ferroviaire par le bruit routier apparaissent.

D'après la même étude, l'analyse de la gêne totale résultant de l'exposition aux deux sources de bruit confirme l'intérêt du modèle de source dominante : la gêne totale dépend du bruit de la dominante. Cependant, dans des situations de non-dominance, la gêne totale évolue de façon complexe avec les niveaux sonores. Elle dépend soit du niveau d'une des sources pour les faibles et forts niveaux globaux, soit de la différence entre les niveaux des 2 sources pour des niveaux globaux intermédiaires.

Toutefois, il ne semble pas y avoir actuellement de consensus sur la meilleure manière permettant d'évaluer la gêne totale due à la combinaison de plusieurs sources de bruit. Les modèles existants essaient de s'appuyer sur la connaissance des processus psychologiques (perceptuel et

cognitif) participant à la formation de la gêne, pour proposer des modèles mathématiques de la gêne totale. Ces modèles sont nombreux[21], et ne font pas complètement consensus.

Pour cette étude, nous avons choisi de suivre le modèle des effets indépendants qui donne de bons résultats et qui est simple d'utilisation dans une approche de prix hédoniques. Ce modèle postule que la gêne est une combinaison linéaire de fonction des niveaux équivalents de chaque source (Alayrac, 2009):

$$A_T = f_1(L_1) + f_2(L_2) + \cdots + f_n(L_n)$$

Le modèle des effets indépendants suppose que chaque source séparément a un effet indépendant et donc une contribution additive sur la gêne globale (Taylor, 1982). Les interactions entre les sources sont donc considérées comme n'ayant pas d'effet sur la gêne. L'hypothèse implicite posée par le modèle des effets indépendants est donc très forte, limitant la prise en compte de phénomène plus complexes, mais ce modèle s'est avéré être un bon prédicateur de la gêne globale d'après les résultats obtenus par Taylor (Taylor, 1982), ayant réalisé une enquête *in situ* autour d'un aéroport où les résidents étaient simultanément exposés à des bruits d'avion et des bruits de trafic routier. Taylor donne de meilleurs résultats que le modèle de sommation énergétique, le modèle de sommation des réponses, et le modèle de sommation et d'inhibition (voir Alayrac, 2009 pour la définition de ces différents modèles).

2.5. Ampleur du problème de bruit des avions en France

2.5.1. Exposition au bruit des avions

Voyons à présent comment la population française est exposée au bruit des transports aériens. Le bruit est considéré par la population française comme une nuisance environnementale

[21] Les différentes modèles de prise en compte de la multi-exposition au bruit incluent : 1) les modèles simples : modèle de sommation énergétique, modèle des effets indépendants, modèle de différence énergétique, modèle vectoriel, modèle de source dominante, 2) les modèles plus complexes : modèle de sommation des réponses, modèle de sommation et d'inhibition, modèle de correction subjective, modèle de gêne équivalente, 3) autres approches : modèle introduisant les facteurs non acoustiques, etc. Les lecteurs qui veulent aller plus loin dans ce domaine peuvent se référer à la thèse de M. ALAYRAC (2009) : Indicateurs de gêne sonore pour l'étude d'impact du bruit d'un site industriel : caractérisation physique et perceptive.

majeure et comme la première atteinte à la qualité de vie. Selon les résultats d'une enquête nationale réalisée par l'INRETS, en 2009, il est perçu par 59,4% des français et gêne plus d'un tiers d'entre eux. Cette gêne est notamment attribuée au trafic routier (30% de gênés), mais aussi au trafic aérien (6 ,6% de gênés), le bruit dû au trafic ferroviaire ne gêne que 2,2% des français. D'après la même enquête, Les principaux effets du bruit ressentis sont : les perturbations des moments de détente et de repos (un français sur huit), et les perturbations du sommeil (un français sur douze).

En France, l'exposition au bruit des avions peut être appréciée par le nombre de personnes comprises dans les Plans de Gêne Sonore (PGS). Les chiffres officiels[22] estiment qu'autour des 10 principaux aéroports français, 141 369 logements, soit 325 148 habitants environ sont exposés à des niveaux de bruit de trafic aérien dépassant le LDEN 55 dB(A) (MEDD, 2006) (voir tableau 5).

Aéroports	***Nombre de logements dans le PGS***	***Arrêté préfectoral d'approbation du PGS***
Paris-Charles de Gaulle	**63 257 habitations**	12 juillet 2004
Paris-Orly	**43 615 habitations**	28 décembre 2004
Nice-Côte d'Azur	3 700 habitations	24 décembre 2003
Marseille-Provence	6 020 habitations	21 septembre 2003
Lyon-Saint-Exupéry	**860 habitations**	11 mars 2004
Toulouse-Blagnac	**20 543 habitations**	31 décembre 2003
Bordeaux-Mérignac	1 116 habitations	23 décembre 2004
Strasbourg-Entzheim	59 habitations	24 décembre 2003
Nantes-Atlantique	1 443 habitations	27 août 2003
Bâle-Mulhouse	756 habitations	30 décembre 2003
TOTAL	**141 369 habitations**	

Tableau 5: Nombre de logements situés dans le PGS des dix principaux aéroports français.

Source : Ministère de l'écologie et du Développement Durable, 2006

Le PGS de Paris-CDG a été récemment révisé. Ce nouveau PGS estime à 96 306 le nombre de logements exposés à un niveau de bruit supérieur à LDEN 55 dB(A).

[22] Comptage effectués lors des renouvellements des PGS en vigueurs.

2.5.2. Populations survolées

La spécificité des aéroports parisiens en particulier en raison de l'importance de leur trafic et de la densité des populations survolées a conduit les pouvoirs publics à adopter une autre mesure : le comptage du nombre de population survolée. La plus grande partie de la population française concernée par le survol des avions (au décollage, à l'atterrissage et en vol à basse altitude) se situe en région parisienne. La figure 9 présente les zones de survol des aéroports de Paris-CDG et Paris-Orly. Plus de 2,3 millions habitants du bassin parisien sont concernés par des survols inférieurs à 3000 mètres, d'avions en provenance ou à destination de l'aéroport de Paris- CDG et de Paris- Orly. Parmi eux, 334 000 personnes sont survolées toute l'année, quelle que soit la configuration de vent. A moins de 2000 mètres, ils sont encore à 98 000 et à moins de 1000 mètres 12 000 habitants sont toujours survolés. L'impact de Roissy-CDG est quatre fois plus important en nombre qu'Orly (ACNUSA 2006).

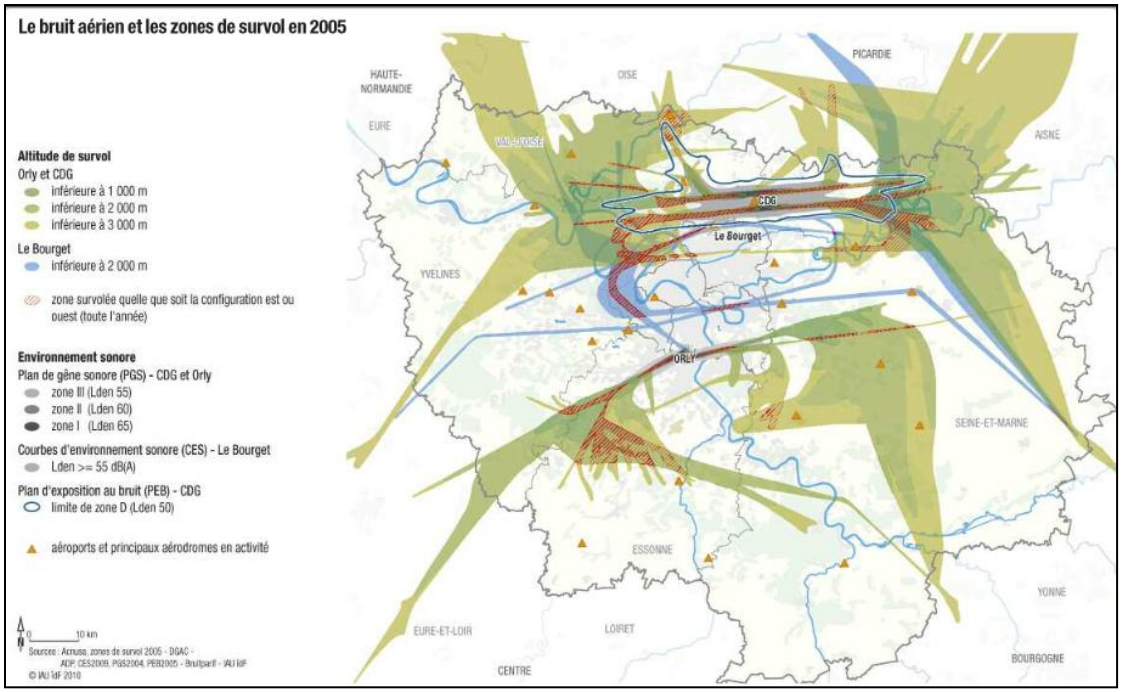


Figure 9: Le bruit aérien et les zones de survol en Ile-de-France, en 2005.

Source : IAU-IDF, 2010

Malgré les progrès technologiques permettant de réduire le bruit à la source et l'adoption des mesures de protection phoniques (fenêtre à double vitrage, etc.), les perspectives d'avenir ne sont guère prometteuses. Les nuisances acoustiques devraient s'aggraver à proximité des aéroports en raison de l'accroissement prévu des trafics aériens et la sensibilité de la population à cette nuisance. La comparaison des résultats d'une enquête récente, avec celle, réalisée 20 années auparavant, montre une indéniable évolution de la perception des expositions sonores des transports, comme le montre les travaux de l'INRETS (INRETS, 2009). Si le pourcentage de personnes se déclarant gênées par le bruit des avions en France était de 1,9% en 1986, ce pourcentage a atteint 11,3% en 2005.

2.6. Les indicateurs d'impacts

Nous avons vu dans l'introduction que le bruit a des conséquences multiples, dont la fréquence et l'intensité augmentent d'une manière générale avec la croissance du niveau sonore. Les effets du bruit des avions sont bien documentés. On peut se référer par exemple aux récents travaux de l'ANSES (ANSES, 2013) ou aux rapports de G. Faburel, notamment pour l'ACNUSA (Faburel et al. 2006).

Pour cette étude, nous avons classé ces impacts en trois groupes : les effets sur la santé qui englobent les effets physiologiques et psychologiques, les effets économiques qui intègrent notamment les effets sur les valeurs immobilières et les effets sociaux comme l'inégalité environnementale. Dans cette section, nous allons voir successivement ces différents effets.

2.6.1. Effets sur la santé

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit la santé comme étant « *un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité.* » (OMS, 1946).[23]. Selon cette définition, les effets sur la santé ne se

[23] Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. 1946; (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948

limitent pas aux troubles physiques et objectifs pouvant faire l'objet d'un diagnostic, mais englobent également les perturbations du bien-être subjectif, qui peuvent aussi mener à long terme à des troubles physiques

Les effets du bruit sur la santé ont fait l'objet d'études approfondies. Celles – ci ont été passées en revue par l'EEA 2010 (*European enironment Agency*) dans leur guide sur les bonnes pratiques en matière de bruit ("*Good practice guide on noise*", 2010). Une analyse complète des données relatives aux conséquences du bruit sur la santé (ainsi que les autres effets extra-auditifs du bruit) ont également été réalisée dans l'étude de G. Faburel et al. (Faburel et al. 2006)[24] et de celle de l'ANSES (ANSES 2013)[25].

La pyramide des effets du bruit sur la santé présentée sur la figure 7 illustre la gravité des effets du bruit sur la santé ainsi que sur le nombre des personnes touchées. Une grande partie des personnes exposées à un niveau de bruit élevé risquent de ressentir de l'inconfort. Une partie de la population exposée risque également de ressentir des effets néfastes plus graves comme des réactions de stress, des modifications des phases du sommeil et d'autres effets biologiques et biophysiques. Ces effets peuvent, à leur tour, renforcer le rôle de facteurs de risques supplémentaires tels que la pression sanguine. Pour une partie relativement petite de la population, ces effets peuvent provoquer d'autres symptômes cliniques telles que l'insomnie et des maladies cardiovasculaires, et donc augmenter le taux de mortalité. Considérant pour la mortalité, on estime un risque relatif de 1,71 lorsque l'on subit une perturbation du sommeil, L. Annemas, de l'Université de Grand, calcule que les vols de nuit sur l'Aéroport de Bruxelles-Zaventem ont entraîné 215 décès pour l'année 2002 (étude commandée par le Mininstre belge de la mobilité).

[24] Faburel et al. 2006. Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens. Séminaires d'échanges sur les connaissances scientifiques et les indicateurs pour l'aide à la décision. Etat des savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d'environnement.

[25] ANSES 2013. Évaluation des impacts sanitaires extra-auditifs du bruit environnemental. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Février 2013. Edition scientifique

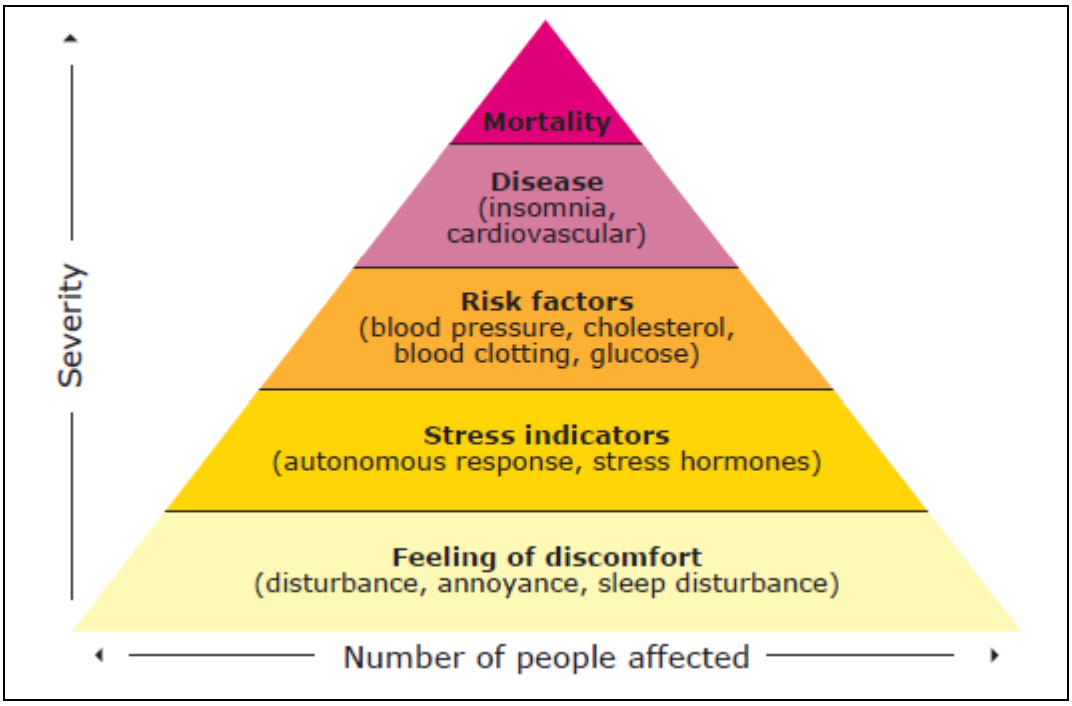


Figure 10: Pyramide des effets du bruit sur la santé. *Source*: Babisch, W, 2002, in EEA, 2010

Les sous-sections suivantes présentent successivement les deux effets les plus couramment ressenties, en particulier la gêne sonore.

2.6.1.1. LA GENE SONORE

L'évaluation de la gêne sonore est le moyen le plus utilisé pour mesurer l'effet du bruit sur les riverains. C'est la conséquence de cette gêne sonore que nous allons tenter d'apprécier dans cette étude. Il convient donc de bien comprendre cette notion.

La gêne sonore est un concept complexe, recouvrant essentiellement : i) une réaction immédiate face aux effets du bruit provoquant une perturbation du comportement ou de l'activité, et ii) une évaluation du bruit telle que de la nuisance, ou un caractère désagréable (Guski et al. 1999). Guski *et al.* (1999)définissent la gêne sonore (« noise annoyance ») comme étant un concept psychologique qui décrit une relation entre une situation acoustique et une personne forcée par le bruit de faire quelque chose qu'elle ne veut pas faire, et qui cognitivement et émotionnellement évalue cette situation et se sent partiellement démunie.

Dans la littérature acoustique, on distingue donc la gêne de court terme et la gêne de long terme. Les travaux sur la gêne de court terme s'intéressent aux perturbations sur les activités. Ils sont réalisés principalement en laboratoire, mais peuvent être aussi réalisés auprès des participants dans leur cadre de vie. En général, ils étudient les effets du bruit subis sur les performances cognitives. Nous pouvons citer par exemple les effets sur la mémoire, les effets sur la concentration, conversation, le repos, l'écoute de la radio et de la télévision et la relaxation. La répétition des événements sonores est bien perçue comme un facteur qui aggrave la gêne sonore exprimée, même à niveau sonore constant. Cette répétition incessante d'événements, due à l'augmentation du trafic aérien, explique probablement que la gêne autour des aéroports ne diminue pas, alors que le niveau sonore produit au sol a bien diminué ces 20 dernières années.

Les travaux qui s'intéressent au ressenti global et durable des riverains vis-à-vis de leur environnement rentrent dans le domaine des recherches sur la gêne de long terme. C'est un concept psychologique qui ne peut être étudiée que sur terrain au cours d'enquête auprès des riverains. Cette gêne est communément évaluée à l'aide d'un questionnaire défini par la norme ISO[26] suivant: "*Si vous pensez aux derniers mois (12 mois environ), quand vous êtes ici, chez vous, le bruit des avions vous gêne-t-il* ?". Les réponses possibles sont alors : pas du tout, légèrement, moyennement, beaucoup ou extrêmement. L'ensemble des riverains qui ont coché une des trois dernières catégories forment le groupe de personnes dites gênées et l'ensemble des riverains ayant coché une des deux dernières catégories forment le groupe des personnes dites très gênées. Une autre manière de recueillir la gêne est de demander simplement de noter la gêne ressentie sur une échelle allant de 0 à 10. Cette échelle, rapportée sur une échelle de 0 à 100, permet de calculer le pourcentage de personnes gênées et très gênées. Pour le premier groupe, on prend une coupure à 50 sur l'échelle numérique, pour le second groupe, on prend une coupure à 72 sur cette même échelle (Miedema et Oudshoorn, 2001).

Afin d'apprécier les conséquences de différents niveaux de bruit sur les zones résidentielles, il est donc essentiel de comprendre comment la perception humaine du bruit est reliée aux indices de bruit qui sont utilisés pour la mesure de cette nuisance. Le tableau 6 présente à titre

[26] ISO 15666 en 2003.

d'illustration les différents impacts du bruit des avions sur la population résidente pour différents niveaux de bruit mesurés à l'aide de l'indice LDN (ou DNL)

Effects	***Hearing Loss***	***Annoyance***	***Average Community Reaction***	***General Community Attitude Towards Area***
DNL (dB)	**Qualitative Description**	**% of Population Highly Annoyed**		
75 and above	May begin to occur	37%	Very severe	Noise is likely to be the most important of all adverse aspects of the community environment
70	Will not likely	22%	Severe	Noise is one of the most important adverse aspects of the community environment
65	Will not occur	12%	Significant	Noise is one of the important adverse aspects of the community environment
60	Will not occur	7%	Moderate to Slight	Noise may be considered an as adverse aspects of the community environment
55 and below	Will not occur	3%	Moderate to Slight	Noise considered no more important than various other environmental factors

Tableau 6: Effets du bruit des avions sur les zones résidentielles.

Source: FICON, 1992 ; cité dans He, 2010

Beaucoup d'études ont été menées pour mieux comprendre la relation entre le niveau de bruit des avons et l'effet sur la population. Cependant, il n'est pas toujours possible de prédire comment une personne particulière pourrait réagir à un niveau de bruit particulier. De nombreuses études montrent que la gêne ne dépend pas simplement de l'exposition des populations au bruit qui n'explique qu'un tiers de la gêne exprimée par les riverains. En effet, la gêne dépend aussi de facteurs non acoustiques. Les travaux de M. Kroesen (Kroesen, 2008) montrent que la sensibilité d'un individu au bruit en général est un des facteurs non acoustiques important, qui explique aussi environ un tiers de la gêne déclarée. Cette sensibilité ne dépend pas de paramètres physiologiques de l'oreille, mais plutôt de paramètres psychologiques. Certains pensent qu'elle évolue en fonction de l'âge, ou de la durée d'habitation dans les zones bruyantes, mais la compréhension de cette

sensibilité reste encore un sujet d'étude en socio-psychologie. Par exemple, concernant l'âge, les recherches relatent l'absence de consensus sur le sujet : selon Sato, Fields et Tonin, l'âge a très peu d'effet sur la gêne, alors que Rylander et al. Miedema et Vos pensent le contraire (Marquis – Favre, Premat, Aubrée, 2005). Le dernier tiers pourrait être expliqué par l'attitude des riverains vis-à-vis des stratégies mises en place pour résoudre leurs problèmes. Cela rassemble les croyances que les personnes peuvent avoir sur leur environnement, comme par exemple la croyance que les autorités ne prennent pas leur avis en compte, ou que l'environnement a un impact négatif sur la santé, ou encore que la présence de l'activité industrielle ne leur profite pas, etc. Ces trois facteurs, l'un étant directement lié à l'environnement sonore et les deux autres liés à des paramètres non acoustiques, se partagent finalement l'explication de la gêne ressentie par les riverains (voir figure 12).

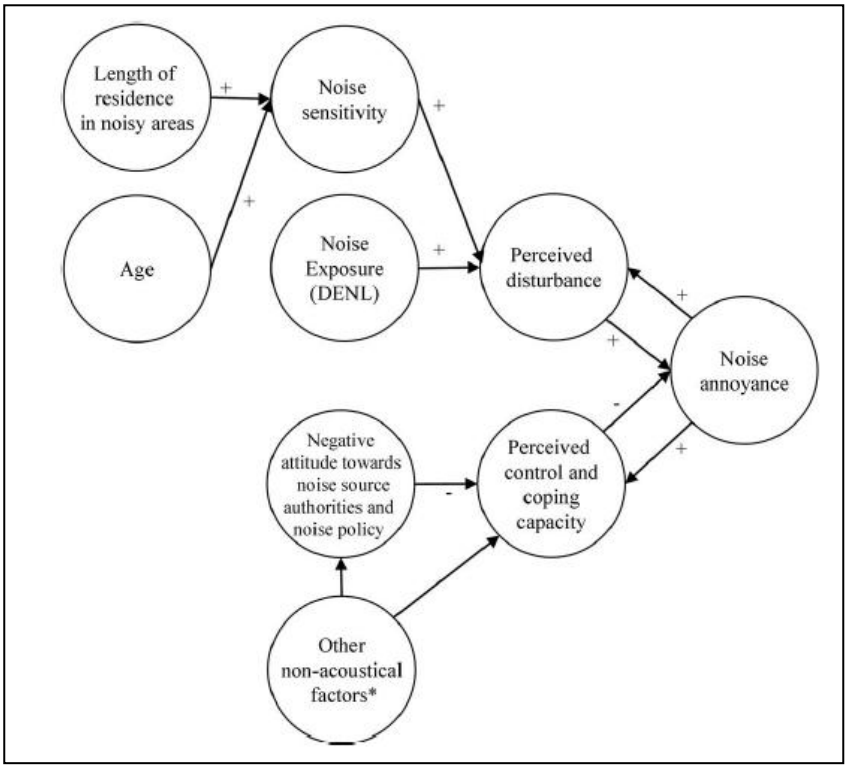


Figure 11: Résumé des facteurs non acoustiques de la gêne due au bruit des avions.

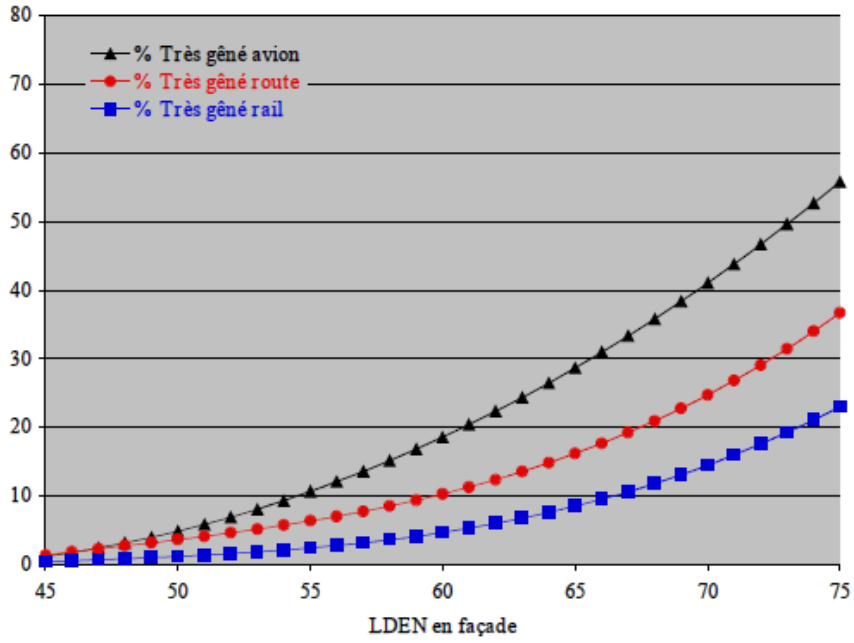
Source : Kroesen, 2008

D'autres facteurs peuvent également expliquer la relation entre gêne et niveau sonore. Ainsi, les résultats d'une enquête menée par G. Faburel met en évidence le poids du rapport

identitaire au lieu, du sentiment d'appartenance locale dans les ressentis de gêne sonore (Faburel, 2003). Ainsi, les résultats d'une enquête menée auprès des riverains d'Orly (Faburel 2003) montre que, d'un point de vue plus collectif, l'ancrage territorial constitué par l'appartenance à un réseau familial local, l'intérêt pour l'histoire locale, pour le patrimoine de la commune, ainsi que la fréquentation des lieux de sociabilité (cafés, restaurants, etc.) nourrissent un vécu commun du bruit des avions, au point de montrer un attachement au territoire. A l'inverse, les personnes se déclarant peu ou pas du tout gênées apparaissent plus mobiles (principalement les hommes sans enfants, les locataires qui passent peu de temps à leur domicile).

Afin d'apprécier le lien entre l'exposition sonore et la gêne de long terme, on peut utiliser les courbes de relation dose-réponse. C'est Schultz (Schultz 1978) qui pour la première fois a tenté de proposer une telle courbe en exploitant les résultats d'une série d'enquêtes concernant différentes sources de bruit. Cette méta-analyse consiste en l'application d'une fonction « arbitraire » dans une tentative d'ajustement d'une courbe aux données issues de multiples enquêtes sur les nuisances sonores. L'auteur a postulé qu'il était possible, malgré la dispersion des résultats, de générer des courbes exposition-réponse « moyennes » à partir de ces enquêtes. Cette courbe était censée représenter le degré de gêne exprimée par une communauté (les riverains) pour un niveau d'exposition sonore donné. Ces considérations théoriques l'ont conduit à se focaliser sur la catégorie très (ou hautement) gênée (*highly annoyed*) pour tracer la courbe qui synthétise l'ensemble des résultats. La publication de Schultz a suscité beaucoup de critiques, mais elle a aussi apporté une approche mieux systématisée par rapport aux tentatives précédentes.

Aujourd'hui, le lien qui lie l'exposition sonore et la gêne de long terme se base sur les courbes dose-réponse de Miedema, construites à partir d'une méta-analyse des enquêtes réalisées entre les années 1960 et 2000) (figure 13). La principale innovation a été de traiter les données relatives aux principales sources de bruit séparément (avions, infrastructures routières et ferroviaires), utilisant l'indice LDEN (figure 9). Les courbes montrent qu'a niveau de bruit équivalent, le bruit des avions est considéré comme plus gênant que le bruit routier, lui-même considéré comme plus gênant que le bruit ferroviaire.



Source : Miedema & Oudshoorn (2001).

Pour le bruit du trafic aérien :

$$\%HA = -9.199 \cdot 10^{-5}(L_{den} - 42)^3 + 3.932 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0.294(L_{den} - 42)$$

Pour le bruit du trafic routier :

$$\%HA = 9.868 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3 - 1.436 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0.512(L_{den} - 42)$$

Pour le bruit du trafic ferré :

$$\%HA = 7.239 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3 - 7.851 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0.169(L_{den} - 42)$$

Figure 12: Pourcentage de personnes hautement gênées en fonction du niveau sonore en façade.

Source : Miedema, 2001

Miedema a préconisé certains usages des courbes exposition-réponse pour la décision publique, notamment pour fixer les objectifs, les analyses coûts-bénéfices et les évaluations environnementales des impacts sanitaires (Miedema 2007). L'auteur précise que les courbes ne sont pas applicables aux situations locales, face aux plaintes des riverains. Mais ces courbes aujourd'hui sont remises en question. Il semble qu'elles sous estiment les pourcentages pour beaucoup d'enquêtes récentes. Ceci peut s'expliquer par l'exigence de la population qui a augmenté ces dernières années, comme par l'accroissement du trafic aérien. Il semble aussi que les courbes de

pourcentage diffèrent d'un aéroport à un autre, puisque les populations installées diffèrent et les politiques de gestion aussi (Irene Van Kamp,).

Une nouvelle approche essaie d'analyser les réponses des habitants par rapport à leur communauté en s'intéressant à leur niveau de tolérance. Le niveau de tolérance CTL (*Community Tolerence Level*) (Fidell et al. 2011) correspond au niveau sonore au-dessus duquel 50% de la communauté est très gênée (et en dessous duquel 50% de la communauté n'est pas très gênée). S. Fidell et al (2011) étudient séparément différentes enquêtes menées autour de plusieurs aéroports et trouvent que pour le cas des aéroports français, le CTL est de : 79,6 dB(A) (France A/C– enquête réalisée entre 1965 – 1966)[27] et 67,6 dB(A) (Paris -CDG et Paris- Orly – enquête réalisée en 1998)[28]. En moyenne, selon leurs calculs, le CTL est de 73,3 dB(A) (moyenne de l'ensemble des pays étudiés) pour l'ensemble des enquêtes analysées. La valeur du CTL porte en elle tous les paramètres non acoustiques qui interviennent dans la gêne exprimée par une communauté. L'intérêt d'un tel indicateur est de regrouper tous les facteurs non acoustiques dans une seule valeur. Reste aujourd'hui à connaître les paramètres géographiques, économiques ou autres qui permettent de former ces communautés homogènes.

Enfin, les recherches sur la gêne se sont généralement focalisées sur la gêne ressentie par les adultes, et les études consacrées à la gêne ressentie par les enfants sont rares. Le projet RANCH (*Road Traffic and Aircraft Noise and Children's Cognition and Health*, Effets du bruit du trafic routier et aérien sur les capacités cognitives et la santé des enfants), financé par l'Union européenne, est une exception notable[29]. Ce projet était axé sur les effets du bruit du trafic routier et aérien sur les capacités cognitives et la santé des enfants et a analysé la gêne causée aux enfants par le bruit des transports autour de trois grands aéroports européens. Les résultats confirment que les enfants sont gênés par l'exposition de longue durée au bruit du trafic routier et aérien et que la réaction émotionnelle des enfants est similaire à celle des adultes (Parlement européen, 2012).

[27] Alexandre (1970)

[28] Vallet et al.(2000)

[29]Projet RANCH: Road Traffic & Aircraft Noise & Children's Cognition & Health. Disponible à l'adresse: http://www.wolfson.qmul.ac.uk/RANCH_Project/.

2.6.1.2. La perturbation du sommeil

Dans la problématique des bruits imputables aux trafics aériens, la question des vols de nuit est particulièrement importante et les perturbations du sommeil constituent l'un des effets sanitaires les plus étudiés (exemple OMS, 2009)). Les études épidémiologiques évaluent la qualité du sommeil grâce à des questionnaires ou de manière indirecte par l'utilisation des consommations des somnifères ou de sédatifs. Ces études confirment les effets du bruit décrits dans de nombreuses études expérimentales, qui ont été passées en revue par l'OMS (OMS, 2009). Le bruit peut avoir des effets primaires au moment du sommeil (par ex. difficulté d'endormissement, réveils fréquents, augmentation de la pression sanguine et du pouls, modification de la respiration et arythmie cardiaque) et des effets secondaires qui peuvent être évalués, le lendemain de l'exposition au bruit nocturne. Il est largement démontré que le sommeil est une nécessité biologique et qu'un sommeil ininterrompu est indispensable à un bon fonctionnement physiologique et mental. Les perturbations du sommeil s'accompagnent de divers problèmes de santé, et des études réalisées sur les perturbations du sommeil chez les enfants et les travailleurs travaillant en équipes en démontrent clairement les effets néfastes. Il existe également des éléments de preuve indiquant qu'un sommeil perturbé peut avoir des effets à long terme sur la santé mentale et cardiovasculaire (Ibid.).

Le tableau suivant (tableau 7) résume les différents effets et les niveaux seuils d'apparition des effets du bruit nocturne pour le cas où les données suffisantes sont disponibles.

	Effet	Indicateur	Seuil, dB
Effets biologiques	Modification de l'activité cardiovasculaire	[1]	[1]
	Éveil EEG	$L_{Amax,\ inside}$	35
	Motilité, accès de motilité	$L_{Amax,\ inside}$	32
	Modification de la durée des différentes phases du sommeil, de la structure du sommeil et fragmentation du sommeil	$L_{Amax,\ inside}$	35
	Éveil durant la nuit et/ou trop tôt le matin	$L_{Amax,\ inside}$	42
Qualité du sommeil	Prolongation de l'endormissement, difficulté à trouver le sommeil	[1]	[1]
	Fragmentation du sommeil, durée du sommeil réduite	[1]	[1]
	Motilité moyenne accrue pendant le sommeil	$L_{night,\ outside}$	42
Bien-être	Troubles du sommeil autodéclarés	$L_{night,\ outside}$	42
	Utilisation de somnifères et de sédatifs	$L_{night,\ outside}$	40
Pathologies	Insomnie environnementale[2]	$L_{night,\ outside}$	42

Source: OMS (2009). Orientations pour le bruit la nuit en Europe

Remarques:

1. Bien que l'incidence ait été démontrée ou qu'un processus biologique plausible puisse être reconstruit, les indicateurs ou les seuils n'ont pu être déterminés.
2. L'"insomnie environnementale" est le résultat d'un diagnostic établi par un professionnel de la médecine, tandis que les "troubles du sommeil autodéclarés" sont essentiellement similaires, mais traduits dans le contexte d'une étude sociale.

Tableau 7: Synthèse des effets et des niveaux seuils d'apparition des effets du bruit nocturne pour les cas où des données suffisantes sont disponibles.

Source : Extrait des directives des orientations de l'OMS pour le bruit la nuit en Europe, 2009, Parlement européen, 2012

Comme pour la gêne, il existe différentes courbes de relation doses- réponses pour les effets du bruit sur la perturbation du sommeil.

Il apparaît par ailleurs que les perturbations du sommeil ont des conséquences particulièrement graves pour les groupes vulnérables. Bien que les enfants aient des seuils de réveil plus élevés que les adultes, ils semblent réagir tout autant que les adultes, voire plus, à d'autres effets, et sont donc considérés comme un groupe à risques (Parlement européen, 2012). Par ailleurs, comme la structure du sommeil se fragmente avec l'âge, les personnes âgées sont plus vulnérables aux perturbations. Les femmes enceintes, les personnes handicapées et les travailleurs

en équipes sont également des groupes pour lesquels l'exposition au bruit nocturne présente un risque plus élevé[30]

2.6.2. Les effets économiques : dépréciation immobilière

Il existe d'autres façons d'étudier l'impact de trafic aérien sur les populations. Certains chercheurs s'intéressent aux effets économiques, par exemple la dépréciation du coût de l'immobilier due au bruit ou les consentements à payer, qui évaluent le coût social du bruit.

La plupart des études utilisent la méthode des prix hédoniques (MPH), qui cherche à identifier statistiquement la part du bruit dans les différences de prix entre les logements (souvent valeurs de propriété), considérant les plus souvent deux familles de critères, internes aux logements (taille, confort, *etc*.) et externes/ou de localisation (accessibilité, offre de services et d'équipements, notamment scolaires, *etc*.) et qualité environnementale : espaces verts, niveaux de bruit, *etc*.

Les premières études des prix hédoniques aux abords des aéroports ont été menées au cours des années 60, essentiellement aux États-Unis et plus marginalement au Canada et en Australie. Au cours de cette période, très peu d'études ont été réalisées en Europe. La plus importante concerne le projet de création du 3ème aéroport de Londres (Walters, 1975). Au total, on recense plus de cinquante études menées à l'étranger. En France, les études sont encore très rares et limitées. La première étude dans ce domaine a été menée à l'initiative du Comité Bruit et Vibrations du Ministère de l'Environnement en 1978 par la SEDES (SEDES, 1978) sur le cas de l'aéroport d'Orly. Une autre, sur le même aéroport a été récemment menée par Faburel et Maleyre en 2007 (Faburel et Maleyre, 2007). Notons également l'existence d'une autre étude sur Paris-CDG pour le compte du Ministère de l'écologie et du Développement Durable, mais qui n'a pas fait l'objet de publication (BIPE, 2004).

Les études de prix hédoniques visent généralement à estimer le *Noise Depreciation Index* ou NDI pour un aéroport. Le NDI représente le pourcentage de dépréciation dans la valeur du

[30] OMS, 2009

logement correspondant à une augmentation d'un décibel dans le niveau de bruit de la région (Walters, 1975).

Les résultats des études menées depuis les années 60 recensés convergent pour montrer l'existence de décotes immobilières pour cause de bruit des avions (mais aussi du bruit des transports routiers et ferroviaires). Concernant le bruit des avions, il en ressort cependant une assez grande dispersion dans les changements en pourcentage des prix des habitations par décibel (0,22% à 2,3 %), avec toutefois une majorité de résultats dans la fourchette 0,3 - 0,7 % (études menées depuis les années 1960, Lambert, 2005). Ces résultats sont proches de ceux obtenus par les méta-analyses (démarche statistique combinant les résultats d'une série d'études indépendantes sur le sujet), notamment menées par Shipper et al (1999), Bateman et al (2001), Nelson (2004) présentés dans le tableau suivant (tableau 8).

Etude	*Source*	*NDI* [i]	*Période*	*Pays étudiés*	*Remarques*
Schipper (1999)	Avion	0.83	1967–1996	Australie, Canada, Royaume-Uni, Etats-Unis	Méta-analyses (30 NDSI
		0.10–3.57	1967–1996	Australie, Canada, Royaume-Uni & Etats-Unis	Méta-analyses (30 NDSI
Bateman et al. (2001)	Avion	0.29–2.3	1960–1996	Australie, Canada, Royaume-Uni et Etats-Unis	Revue de 30 études
	Route	0.08–2.2	1950–1990	Australie, Finlande, Norvège, Suède, Swaziland et Etats-Unis	Revue de 28 études
Nelson (2004)	Avion	0.5–0.6	1969–1993	Canada et Etats-Unis	Méta-analyses : (33 NDIs)
		0.8–0.9			
	Avion	0.4–2.3	1979–1996	Canada, Royaume-Uni et Etats-Unis	Revue de 7 études
Udo (2005)	Route	0.21–1.6	1974–2003	Australie, Canada, Danemark, Japon, Norvège, Scotland, Suède & Swaziland.	Revue de 14 études

[i] Pourcentage de dépréciation par décibel

Tableau 8: Résultats des méta-analyses des études de dépréciation immobilière due au bruit des transports.

Source: Adapté de Dekkers et al. 2009

L'analyse globale de ce tableau montre que les NDI pour le bruit des avions varient entre 0,10 et 3,57 %, d'après les résultats de l'étude de Shipper et al. (1999). Selon la même étude, le NDI moyen est de 0,83 et le NDI médian de 0,61%. Schipper et al. (1999) ont également conclu que la variation observée dans les résultats des NDI peut s'expliquer par les variables suivantes : la date des observations, la valeur des logements (plus les logements sont chers, plus les NDI sont élevés) et la spécification des modèles des études d'origine.

La méta-analyse de Nelson (2004) qui s'appuie sur les résultats de 33 observations menées sur 23 aéroports, de 1967 à 2001, au Canada et aux États-Unis, trouve un NDI moyen pondéré de 0,58%. Une méta-régression examine la variabilité des NDI, qui pourrait être due aux variables suivantes : le pays, l'année d'étude, la taille de l'échantillon, les spécifications du modèle, la valeur moyenne des logements, l'agrégation des données, l'accessibilité aux emplois de l'aéroport et les possibilités de voyage. Elle conclut que le pays et les spécifications du modèle ont un effet sur le NDI mais que les autres variables n'ont pas un effet systématique. En effet, les résultats montrent que les coefficients des variables « modèles linéaires » et « Canada » sont tous les deux significatif et positif. Les estimations du NDI pour le Canada peuvent, selon l'auteur, refléter des caractéristiques spéciales ou uniques des marchés immobiliers canadiens, le climat ou les conditions de fonctionnement (couvre-feux, fréquence). L'analyse montre que le NDI moyen au Canada est de 0,8 à 0,9 % par décibel alors qu'aux États-Unis, il est de 0,5 à 0,6% par décibel.

Le tableau suivant (tableau 9) rassemble les résultats des études récentes (menées depuis les années 2000) dans le monde entier (voir également Nelson 2008). On peut trouver les résultats des études antérieures notamment dans Lambert (2005), Faburel et al. (2003) ou Navrud (2002) (annexe 1).

Etude	Année	Aéroport/ Pays	Type de bien	Nombre d'échantillon	Indice	Valeur seuil	Forme de la variable		Dépréciation du pri due au bruit
McMillen (2004)	1997	Chicago O'Hare (USA)	Maison individuelle	119 243	Ldn	65 dB	Binaire	>65 dB	-9,2%
Jud et Winkler (2006)	1997- 2004	Greensboro Airport (USA)		29 657	Distance	4 miles	Binaire (miles)	]0 - 2,5]	-9,2 %
								]2,5 - 4]	-5,7%
Faburel et Maleyre (2007)	1995-2003	Orly (France)	Maison individuelle	688	Lmax		Continue		-0,96% par dB (NDI)
Pope (2008)	1999-2000	Raleigh-Durham International Airport(USA)	Maison individuelle	16 900	Ldn	55 dB	Binaire	]55 – 65]	Non significatif
								]65 – 70]	-10,7%
Salvi (2008)	1995-2000	Zurich (Suisse)	Maison individuelle	3 947	Leq_16h Leq_peak Leq_evening	50 dB	Continue		-0,97% par dB (NDI)
Cohen & Coughlin (2007)	2003	Atlanta Hartsfield-Jackson (USA)	Maison individuelle	508	DNL	65 dB	Binaire	]65-70]	-20,8% - 1,39 % à - 2,08% par dB (NDI)
								]70-75]	Non significatif
Dekkers & Van der Straaten, (2009)	1999-2003	Amsterdam (Pays-Bas)	Maison individuelle	66 636	Lden	45 dB	Continu		NDI = 0,77 % par dB
							Binaire	]35-40]	+0,64%
								]40-45]	-1,71%
								]45-50]	-7,49%
								]50-55]	-12,30%
								]55-60]	-10,77%
								]60-65]	-6,79%
Bréchet et al (2009)	2000-2005	Bruxcelles Nationale (Belgique)	Maison individuelle	1965	DNL	55 dB	Binaire	]55-60]	-5,5%
								]60-65]	-7,9%
								]65-70]	-9,9%
								]70-75]	-26,4%
								-0,8% par dB(NDI moyen)	
Lijesen et al (2010)	1999-2003	Amsterdam Airport (Pays-Bas)	Maison	66 635	Lden	45 dB	Continue		-0,8% (NDI)
Püschel et Evangelinos (2012)	2009	Düsseldorf (Allemagne)	Loyer Appartement	1370	?	55 dB	Continue		-1,04% par dB (NDI)

Tableau 9: Résumé des études de prix hédoniques récentes (à partir de 2000).

Source : Auteure

Globalement les résultats convergent vers ceux trouvés dans les études antérieures. L'étude de Faburel et Maleyre menée en France (Aéroport de Paris- Orly), par exemple, trouve un pourcentage de dépréciation par décibel d 0,96.

Concernant l'évolution des taux, la méta-analyse de Nelson (2004) présentée ci-dessus constate une faible évolution des décotes immobilières liées au bruit des avions pour le continent nord-américain, par rapport à son étude de 1980 (Nelson, 1980), qui a trouvé un NDI entre 0,5-06% par décibel.

Dans d'autres cas cependant, une augmentation de l'indice de dépréciation est observée alors même que les charges sonores ne semblent pas avoir évolué.

Autour de l'aéroport de Paris-Orly, l'étude de Faburel et Maleyre (2007) déjà présentée ci-dessus montre que le NDI est passé de 0,9 % du prix du logement à 1,5 % (par décibel de différence entre la commune témoin et les trois communes identifiées) durant la période allant de 1995 à 2003 pour laquelle les niveaux sonores mesurés par les indices acoustiques officiels (LAeq) sont restés stables du fait du plafonnement des créneaux. Cette augmentation serait due à la sensibilité croissante de la population à cette nuisance.

Les travaux (Pope 2008) indiquent également que la divulgation d'informations sur le bruit des aéroports aux acheteurs potentiels influe fortement sur les taux de décote, sans faire intervenir les charges sonores liées aux trafics aériens. Les résultats de cette étude montrent en effet que les informations accessibles au public réduisent la valeur des logements fortement impactés par le bruit de l'aéroport international de Raleigh Durham (Etats-Unis) de 2,9%. Cela représente une augmentation d'environ 37 points de pourcentage le prix implicite du bruit de l'aéroport. Les résultats fournissent des preuves que les informations accessibles aux publics, telles que celles disponibles sur le bruit de l'aéroport, peuvent ne pas être considérées de manière adéquate par tous les acheteurs. Ils suggèrent également que l'environnement de l'information devrait être examiné attentivement lors de l'utilisation des données sur le logement et le modèle de prix hédonique pour évaluer les aménités ou désaménités urbaines.

L'évolution du taux de décote aurait donc aussi pour explication la sensibilité individuelle et la dotation en connaissances sur l'environnement sonore des lieux d'habitations. Il demeure donc bien des particularités locales à intégrer (et notamment de sensibilité), pour mieux comprendre cette relation négative entre bruit des avions et les valeurs immobilières. En

fait, la relation dose sonore / prix de l'immobilier est encore loin d'être totalement comprise et contrôlée, particulièrement lorsqu'il s'agit d'intégrer des facteurs de contextes dans les équations proposées. Au Royaume Uni notamment, sur la base pourtant d'un même modèle économétrique d'analyse, ces taux évoluent selon l'aéroport et la région concernée. Ainsi à Glasgow (Écosse), les maisons situées autour de l'aéroport connaissent une décote immobilière de 0,4 % par décibel supplémentaire (Day et *al.* 2006), alors qu'à Birmingham (Angleterre) elles seraient bien supérieures, avec une hypothèse haute de 1,6 % d'après Day *et al*.

Il n'y a pas beaucoup de littérature concernant les NDI pour les logements en location, sept études résumées par Nelson et Palmquist (cette étude datée de 2008 est citée par He, 2010) ont indiqué des estimations entre 0,21% et 0,90% par décibel, avec une moyenne de 0,64% par décibel.

La plupart des études étudient les maisons individuelles, mais Rich et Nielsen (2002) ont analysé séparément les maisons individuelles et les appartements et ont trouvé des NDI plus faibles pour les appartements. Ceci pourrait résulter du fait que les personnes habitant dans une maison individuelle sont aussi gênées par le bruit lorsqu'elles sont dans leur jardin alors que les propriétaires d'appartements pourraient avoir moins de préférence pour les activités extérieures.

2.6.3. Effets sociaux : ségrégation sociale

Dans le cas des répercussions sociales pour les personnes affectées par le bruit, il est surtout intéressant d'étudier, outre les troubles de la communication et les changements de comportement social, les processus de discrimination dans les régions habitées.

En effet, peu de travaux empiriques ont été menés en Europe sur l'analyse du lien entre précarité sociale et exposition au bruit. Or, globalement, on observe un consensus dans la littérature indiquant que les populations à bas revenus sont davantage exposées que les autres aux facteurs de risques environnementaux (bruit, pollution atmosphérique, proximité d'installation dangereuse, etc.).

Cette question de la mesure et d'observation et le suivi des situations socio-économiques est également l'un des principaux résultats de la recherche de Kruize (Kruize, 2007). L'auteur analyse l'équité environnementale à l'échelle des Pays- Bas et de deux régions fortement urbanisées, comprenant la zone de l'aéroport d'Amsterdam – Schiphol, et évalue les inégalités environnementales en fonction de plusieurs indicateurs : le bruit du trafic aérien, les

émissions de dioxyde d'azote, les risques et la présence d'espaces verts. Cette étude montre que les populations à revenus modestes, vivent généralement dans des conditions environnementales légèrement moins favorables. Mais curieusement, les populations bénéficiant des revenus plus élevés sont apparues plus exposées au bruit du trafic aérien que les populations aux revenus plus faibles. D'après l'auteur, ce résultat serait notamment expliqué par la définition de la qualité environnementale qui a été utilisée et qui est uniquement assise sur des normes techniques alors que les comportements et ressentis interviennent également dans la logique économique des ménages. Concernant cette fois ci les ressentis, ce travail montre que les personnes ayant les revenus les plus faibles se disent davantage gênées et vivent dans des conditions environnementales plus dégradées, ce qui conduit à penser qu'elles ne défendent pas leurs intérêts environnementaux avec autant d'efficacité que les personnes favorisées. Dès lors, moins favorisés en matière de santé, elles seraient plus vulnérables aux facteurs environnementaux. En conclusion, Kruize souligne le rôle important de l'Etat dans la configuration des disparités environnementales. A ce titre, elle estime que les questions d'équité environnementale devraient être intégrées aux études d'impacts environnementaux, ce qui permettrait alors de mettre en évidence les effets (re)distributifs des décisions politiques, de favoriser une participation plus équitable aux processus décisionnels et peut- être enfin, d'inclure d'autres aspects du cadre de vie dans des approches intégrées transport-environnement-territoires.

En ce qui concerne exclusivement le cas du bruit des avions, en 2008, Y. Ogneva-Himmelberger et B. Cooperman (Ogneva-Himmelberger et Cooperman, 2008) ont effectué une analyse spatio-temporelle de la pollution sonore autour de l'aéroport de Boston Logan. Cette étude vise à répondre à la question : qui supporte le coût du bruit ? Pour répondre à cette question, cette étude a analysé la répartition spatiale des groupes de populations favorisées et défavorisées et l'évolution de cette répartition dans le temps en fonction de quatre indicateurs : le pourcentage de populations minoritaires (noires et hispaniques), le revenu médian et le prix médian des logements. Les résultats montrent le lien entre *cluster* sociodémographique défavorisées et niveau de bruit. Ils concluent que les populations qui paient le coût du bruit de l'aéroport sont très vulnérables car constituées de population minoritaires et à faible revenu, et subissant la baisse des prix de l'immobilier dans les zones affectées par le bruit. Mais surtout, elle souligne la nécessité de prise en compte de ces problèmes par les décideurs dans l'élaboration ou la modification des politiques de lutte contre le bruit.

Ces sujets sont encore très peu étudiés en France.

Une analyse a par exemple été faite dans ce sens par G. Faburel et I. Maleyre (Faburel et Maleyre, 2007), autour de l'aéroport de Paris-Orly. En plus de l'analyse de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières, cette étude examine l'évolution du profil social de la zone d'étude. Il apparaît que le renouvellement des populations ne s'opère pas socialement à l'identique : les ménages acquéreurs dans les communes pour lesquelles la dépréciation est la plus importante sont plus jeunes et de rang social plus modeste (ouvriers et employés), par comparaison aux années antérieures et aux communes relativement épargnées par le bruit, ceci suggère un processus de polarisation sociale de l'espace, évolution déjà mise en évidence pour certaines localités proches de Roissy (Martinez 2001, Faburel et Barraqué 2002).Selon les auteurs, il est vrai que la qualité de l'environnement sonore liée à la proximité aéroportuaire ne saurait expliquer seule un tel processus qui, par des mécanismes de transferts implicites et explicites, des règles et normes d'arbitrage, met en jeu la diversité des attributs de l'urbain. Toutefois, dans le contexte observé, le bruit et surtout son vécu, c'est-à-dire les nuisances sonores elles mêmes, peuvent être considérées comme une variable déterminante susceptible de déclencher la paupérisation des espaces.

Ces tendances sont confirmées par les données du recensement de la population de l'INSEE, notamment par l'étude menée par BruitParif autour des aéroports de Paris-CDG et Le – Bourget et Paris- Orly, dans le cadre du SIG – SURVOL. Cette étude vise à croiser les données socio-économiques de l'INSEE et les données issues des cartographies de bruit consolidées par BruitParif ainsi que les données sur la qualité de l'air fournies par AirParif, afin de : représenter la variabilité des niveaux de bruit et de pollution atmosphérique dans les zones d'études , caractériser d'un point de vue socio-économique les populations concernées par la pollution au sein de ces zones et de mettre en évidence les relations entre les pollutions atmosphériques et les niveaux de défaveur sociale des personnes exposées et répondre ainsi à la question : « *existe – il des inégalités sociales d'exposition au bruit et ou à la pollution atmosphérique au sein des zones d'études SURVOL* ? » Utilisant deux indicateurs de défaveur sociale (l'indice de Townsend (indice agrégé) et un l'indice Socio-économique Status (SSE) construit sur la base d'une méthodologie multidimensionnelle développée par l'EHESP), les résultats des analyses ont mis en évidence des relations non imputables au hasard entre la défaveur sociale et l'exposition aux pollutions sonores et atmosphériques au sein des zones d'études. De plus, ils montrent que, malgré des approches différentes, les deux indices se sont avérés fournir des résultats très corrélés au sein des zones d'études. Deux tendances ont pu ainsi être mises en évidence : 1) la part des populations exposées croît avec le niveau de défaveur

socio-économique décrit à l'aide des deux indices ; 2) les IRIS où il y a une part importante de personnes exposées sont les plus défavorisés. L'étude conclut par le fait qu'il semble exister une diversité de situations au sein des zones d'études conjuguant inégalités sociales et inégalités environnementales. Dans la grande majorité des cas, les IRIS qui représentent de fortes inégalités sociales d'exposition environnementale sont concernés par des situations d'exposition à la fois au bruit et à la pollution atmosphérique. Notons que cette étude a une vocation d'observation à long terme (un développement de ce volet est présenté dans le dernier chapitre 5).

2.7. Conclusion du chapitre 2

Ce chapitre nous a permis de souligner les multiples dimensions du concept de nuisance sonore, notamment aérienne.

Nous avons vu qu'il est possible de recourir à une large palette d'indicateurs pour la cerner. Dans cette étude, utilisons l'indice LDEN. C'est désormais l'indice de référence utilisé dans au niveau de la règlementation qu'au niveau des experts et il est pertinent de baser les résultats des évaluations sur cet indice.

Nous avons également vu qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus concernant la mesure de la gêne due au bruit en situation de multi-exposition au bruit. Comme on l'a dit plus haut, nous avons choisi de suivre le modèle des effets indépendants qui donne de bons résultats et qui est simple d'utilisation.

Ce chapitre a aussi montré que, dans les résultats d'enquêtes *in situ,* les indices acoustiques ne sont capables d'expliquer qu'environ 30% des variations des réponses de gêne recueillies. Il semble aussi que la relation gêne-exposition au bruit diffère d'n aéroport à un autre à cause de multiples facteurs non acoustiques, notamment les facteurs locaux. Il s'agit aussi bien de facteurs géographiques, économiques que politiques. Cela confirme la pertinence d'une étude comparative entre les différents terrains étudiés, car une seule étude ou une étude agrégée au niveau national ne suffit pas à rendre compte de l'effet réel des nuisances sonores sur le territoire.

Enfin, en ce qui concerne les effets économiques et sociaux, nous avons vu qu'il existe un large consensus dans les littératures indiquant l'existence de dépréciation des valeurs des logements et de ségrégation sociale dans les zones exposées au bruit. Les chapitres suivants se proposent d'analyser ces effets du bruit sur les différents terrains étudiés, en commençant par les effets sociaux.

C h a p i t r e 3

MESURER LES INEGALITES SOCIALES FACE AU BRUIT DES AVIONS

Introduction

Ce chapitre propose, sur la base d'une méthodologie basée sur le SIG, d'analyser la relation entre caractéristiques socio-économiques de la population et exposition au bruit des avions autour des aéroports de Paris-CDG, Paris-Orly, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Il s'agit de chercher à vérifier si les groupes « pauvres » sont davantage exposés sur leur lieu de vie à des risques environnementaux que les groupes « riches ».

Cette analyse spatiale vise à décrire la distribution géographique de la population selon sa situation socioéconomique en 2007 et 2011, puis à étudier les changements sur cette période.

Elle vise à vérifier les deux premières hypothèses de la recherche :

- **Hypothèse 1 :** plus le niveau de bruit est élevé, plus faible est la proportion de population favorisée et plus forte la proportion de population défavorisée qui y réside.
- **Hypothèse 2 :** dans les zones sérieusement affectées par le bruit, la proportion de population favorisée diminue et la proportion de population pauvre augmente au fil du temps.

Il est à noter que ce chapitre s'intéresse à la description des inégalités environnementales, sans aborder les facteurs explicatifs (cela relève d'une enquête qualitative, mais qui n'a pas pu être mises en œuvre dans le cadre de cette thèse).

Le chapitre est articulé autour de six grandes sections. Les deux premières sections sont consacrées à la revue des littératures sur la définition du concept de précarité et de défaveur sociale (section 1) ainsi que sur les différents indices permettant de les mesurer (section 2).

La section 3 est consacrée à la justification du choix de l'indice utilisé par cette thèse pour estimer la défaveur sociale.

La quatrième section présente les différents éléments méthodologiques (données, échelle géographique de l'analyse, définition de la population exposée au bruit et de la population de

référence, construction de l'indice de défaveur sociale, les différentes étapes de l'analyse). Les informations sur l'exposition au bruit proviennent des PEB et PGS en vigueur. Nous utilisons les mêmes informations pour les périodes 2007 et 2011. Les informations relatives aux caractéristiques socioéconomiques sont collectées dans les recensements menés en France (INSEE) ainsi que les bases de données des revenus fiscaux localisés des ménages (INSEE-DGFiP), pour les périodes 2007 et 2011. L'échelle géographique de l'analyse est la plus petite unité géographique pour lesquelles l'INSEE diffuse les informations, à savoir l'IRIS. Sur la base des littératures existantes, le choix de la délimitation des zones d'études s'est basé sur deux critères : la taille des zones de bruit et les départements concernés. Pour éviter les problèmes de petits effectifs, seulement deux zones de bruit sont constituées et comparées : zone exposée au bruit (zone situé à l'intérieur de la zone A, B et C du PEB ou zone située à l'intérieur de la zone I, II ou III du PGS) et zone non exposée (le reste de la zone d'étude). L'estimation de l'indice de défaveur sociale est basée sur une analyse en composante principale (ACP), et qui, à l'instar de l'indice Fdep (Rey et al, 2009) se base sur quatre indicateurs simples (revenu médian par unité de consommation, pourcentage des chômeurs, des ouvriers et des non diplômés).

La cinquième section s'intéresse aux résultats obtenus sur chaque terrain étudié. L'objectif ici, est de vérifier les deux hypothèses ci-dessus. Pour chaque terrain, les analyses sont d'abord menées sur toute la zone d'étude confondue, ensuite, selon le département.

Enfin, la section 6 est consacrée à la confrontation des résultats obtenus sur les quatre terrains étudiés, ainsi qu'aux améliorations à apporter et nouvelles pistes à creuser pour les personnes désirant effectuer des études similaires.

3.1. Concept de précarité et de défaveur sociale

3.1.1. Définition de la précarité et de la défaveur sociale

Les termes précarités et défaveur sociale sont les termes utilisés dans les littératures, afin de mesurer et de comparer les inégalités socio-économiques face à l'exposition aux risques et nuisances environnementaux.

La notion de précarité est difficile à définir. De nombreux auteurs ont publié sur cette notion, à l'étranger (par exemple Townsend, 1987 ; Townsend, 1991), comme en France (Chauvin, 1998 ; Joubert, 1997 ; Mizrahi, 1998 ; Parizot, 1998 ; Paugam, 1996 ; cité par Labbe et al, 2007). Les processus de précarisation ont également été décrits par J. Wrezinski dans son

rapport sur la pauvreté et la précarité économique (Wrezinski, 1987 ; cité par Labbe et al, 2007). Dans ce rapport, la précarité est définie comme « *un état d'instabilité sociale caractérisé par l'absence d'une ou plusieurs des sécurités, notamment celle de l'emploi, permettant aux personnes et aux familles d'assumer leurs obligations professionnelles, familiales et sociales, et de jouir de leurs droits fondamentaux* » (Wrezinski, 1987 ; cité par Labbe et al, 2007). J. Wrezinski précise en outre que les situations de précarité se développent lorsque les conditions concernant « *le niveau socio-économique, l'habitat, les réserves financières, le niveau culturel, d'instruction et de qualification professionnelle, les moyens de participation associative, syndicale et politique* » sont défavorables.

Les dimensions de la précarité énumérées précédemment rejoignent les critères retenus dans la littérature anglo-saxonne, notamment par P. Townsend en 1987, pour caractériser les dimensions de la défaveur (« *material and social deprivation* ») (Townsend, 1987). C'est ce terme que nous utilisons dans cette thèse. P. Townsend voit la défaveur sociale comme « *un état observable et démontrable de désavantage relatif face à la communauté locale ou à l'ensemble de la société à laquelle appartient l'individu, la famille ou le groupe* » (Townsend, 1987 ; traduit par Pampalon, 2009). Selon cette définition, ce désavantage peut toucher plusieurs aspects de la vie humaine, dont la nourriture, le domicile, l'éducation, le travail et les liens sociaux. Ainsi, une personne est considérée comme défavorisée si elle se situe, pour l'une ou pour plusieurs de ces caractéristiques, sous le niveau atteint par la majorité des citoyens ou qui est jugé acceptable dans la société (Pampalon et al. 2009). P. Townsend propose de distinguer deux formes principales de défavorisation, l'une matérielle, l'autre sociale. Alors que la première réfère aux biens et aux commodités de la vie moderne, au fait de disposer d'un domicile adéquat, d'une automobile, d'un téléviseur ou d'espaces récréatifs dans le quartier, par exemple, la seconde correspond aux relations sociales au sein de la famille, au travail et dans la communauté (Pampalon et al., 2009).

Selon R. Pampalon et al. (2009), cette vision de la défavorisation proposée par P. Townsend recoupe un certain nombre d'autres concepts. La dimension matérielle rappelle le concept de pauvreté lorsque celui-ci est envisagé sous l'angle strict des privations monétaires. Pour Townsend, la pauvreté précède la défavorisation dans la mesure où elle freine l'acquisition de biens et de commodités de la vie moderne. La dimension sociale se rapproche également du concept de capital social et de notions apparentées telle que la fragmentation sociale ou l'isolement social. Tous ces aspects de la dimension sociale cernent le type, l'intensité et la

qualité des interactions sociales : la confiance mutuelle et l'entraide, par exemple (Pampalon et al. 2009).

En bref, la défaveur, au sens large, c'est donc l'instabilité des situations au regard de multiples dimensions. Elle n'est pas seulement liée au manque de revenus. C'est pourquoi, des mesures plus complexes, des indices dits de « défavorisation » ont été développées dans de nombreux pays.

3.1.2. La mesure de la défaveur sociale

Il n'existe pas encore de mesure standard, permettant de caractériser de façon synthétique, les multiples dimensions de la défaveur. De plus, les données exhaustives sur les situations individuelles sont rares alors que les enquêtes menées à grande échelle sont coûteuses et encore peu développées en France comme à l'étranger. Ainsi, pour construire un indice synthétique de défaveur, les chercheurs ont habituellement recours à une méthode alternative. Il s'agit de les construire à partir des informations socioéconomiques produites au niveau des unités géographiques du recensement. Leurs intérêts ont été largement démontrés comme mesure de la défaveur sociale, ainsi que pour leurs relations avec les phénomènes de santé ou encore avec la qualité de l'environnement local. Cette approche a conduit depuis la fin des années 1980 à la création de nombreux indices, comme par exemple l'indice développé par Townsend (Townsend, 1987, présentée ci-dessous). Ces indices peuvent alors servir notamment comme indicateur pour aider les acteurs locaux à déterminer les zones d'actions publiques (Lalloué, 2013).

Les indices synthétiques de défaveur sociale peuvent être construits, soit à partir de méthodes additives (somme simple ou pondérée des variables), comme l'indice de Townsend (1987), soit par une approche multidimensionnelle de réduction de données (analyses en composantes principales ou ACP), comme par exemple l'indice FDep99 développée par Rey et al. (2009) ou l'indice métropole développé par B. Lalloué (2013) (présentés ci-dessous). Si la première présente l'avantage d'être simple à calculer, la seconde approche permet de révéler le caractère multidimensionnel de la défaveur, et notamment la mise en évidence d'une défaveur matérielle d'une part et d'une défaveur sociale de l'autre. De plus, dans cette seconde approche, le poids de chaque indicateur dans l'indice n'est pas déterminé de façon arbitraire, mais en raison des relations statistiques entre les indicateurs (Labbe et al, 2007).

Une revue bibliographique de l'ensemble de ces indices de défaveur a été récemment effectuée par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCEP, 2013). Cependant, un rappel, ainsi qu'une mise à jour de ces indices sont importantes pour l'élaboration de notre méthodologie.

3.2. Les indices de défaveur sociale

Différents indices proposés dans les littératures sur les inégalités environnementales peuvent ainsi être testés pour synthétiser les multiples dimensions de la défaveur sociale. Ces différents indices ont cependant leurs avantages et inconvénients respectifs. La majorité de ces indices ont été appliqués au secteur de la santé, c'est-à-dire pour étudier le lien entre inégalité sociale et santé (mortalité, incidences et dépistages des cancers, santé périnatale, état nutritionnel, accès aux soins, etc.). Ils ont récemment été revus par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCEP, 2013). Nous faisons ici un rappel et mise à jour des différents indices reportés dans ce document.

3.2.1. Les principaux indices de défaveur sociale utilisée à l'étranger.

3.2.1.1. INDICE DE JARMAN

L'indice a été défini en 1983, initialement pour identifier les zones potentiellement à forte demande de services de soins primaires en Angleterre. Il est construit à partir de huit variables du recensement et qui sont pondérées individuellement (par un échantillon de médecins généralistes). Il s'agit des variables suivantes, exprimées en pourcentage :

- chômage de la population active ;
- logements occupés par plus d'une personne par pièces ;
- famille monoparentale ;
- enfants de moins de 5 ans ;
- personnes âgées vivant seules ;
- ménage dont le chef de famille n'est pas originaire du Royaume – Uni ;
- ménage dont le chef de ménage est non qualifié ;
- ménage ayant changé d'adresse l'année précédente.

3.2.1.2. INDICE DE TOWNSEND

L'indice a été défini en Angleterre en 1987. Il est construit à partir de la somme non pondérée de quatre variables suivantes, exprimées en pourcentage :

- chômeurs dans la population active ;
- ménages sans voiture ;
- logements occupés par plus d'une personne par pièce ;
- logements privés non occupés par des propriétaires.
- Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$I = \frac{\{\log(V1+1) - moyenne[\log(V1+1)]\}}{écart-type[\log(V1+1)]} + \frac{\{\log(V2+1) - moyenne[\log(V2+1)]\}}{écart-type[\log(V2+1)]} + \frac{\{V3 - moyenne(V3)\}}{écart-type\ (V3)} + \frac{\{V4 - moyenne(V4)\}}{écart-type\ (V4)}$$

Où V1 représente le pourcentage de chômeurs dans la population active, V2 représente le pourcentage de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce, V3 représente le pourcentage de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire et V4 représente le pourcentage de ménages sans voiture.

L'indice de Townsend a déjà été testé en France par exemple dans l'étude de BruitParif sur les inégalités sociales d'exposition au bruit et pollution atmosphérique des aéroports de Paris-CDG et Paris-Orly (BruitParif, 2007).

3.2.1.3. INDICE DE CARSTAIRS ET MORRIS

L'indice a été défini en Ecosse en 1991. Il est construit à partir de la somme non pondérée de 4 variables (exprimée en pourcentage) :

- hommes économiquement actifs qui cherchent du travail ;
- personnes vivant dans des logements privés occupés par plus d'une personne par pièces ;
- ménages sans voiture ;
- personnes dont le chef de ménage appartiennent à la classe sociale IV (partiellement qualifiée) ou V (non qualifiée).

3.2.1.4. INDICE DE PAMPALON

Défini en 2000, au Québec, cet indice est construit à partir des six variables suivantes :

- la proportion de personnes de 15 ans et plus sans certificat ou diplôme d'études secondaires ;
- le ratio emploi/population chez les 15 ans et plus ;
- le revenu moyen des personnes de 15 ans et plus ;
- la proportion de personnes de 15 ans et plus vivant seules dans leur domicile ;
- la proportion de personnes de 15 ans et plus séparées, divorcées ou veuves ;
- la proportion de familles monoparentales.

L'intégration des indicateurs a été réalisée grâce à une analyse en composante principale. Cet indice a la particularité d'approcher l'aspect multidimensionnel de la défaveur : défaveur matérielle (associée principalement aux variations de la scolarité, de l'emploi et du revenu) et défaveur sociale (se traduisant par les variations de la structure familiale et de l'état matrimonial).

3.2.1.5. INDEX OF MULTIPLE DEPRIVATION

En 2004, un nouvel indice, l' « *Index of Deprivation* » (IMD, 2004) a été développé au Royaume-Uni pour tenir compte d'un nombre plus important de dimensions de la défaveur (à la différence des indices de Townsend et Carstairs). Cet indice est utilisé pour l'identification des « Deprivation Areas ». Il a été mis à jour en 2007 (Index of Multiple Deprivation 2007 (IMD 2007) et en 2010 (IMD 2010). Cet indice existe pour l'Angleterre, l'Irlande du Nord, l'Ecosse et le Pays de Galles. Pour l'Angleterre, cet indice est construit à partir de 37 indicateurs répartis dans 7 domaines, à savoir :

- le revenu ;
- l'emploi, la santé ;
- l'éducation ;
- l'accès/barrières aux services ;
- l'environnement résidentiel ;
- la criminalité.

3.2.2. Les principaux indices de défaveur sociale utilisés en France

3.2.2.1. FDEP

L'indice de défaveur sociale appelé FDep a été développé dans le contexte français (Rey et al, 2009). Il a été construit à l'échelle communale à des données du recensement de la population de 1999 (Insee) et des revenus fiscaux des ménages de 2001 (Insee-DGFiP). Le même indice a été calculé à partir des données de 1990. Quatre variables, représentant toutes une dimension fondamentale du niveau socioéconomique, de signification homogène dans l'ensemble du pays et covariant de façon similaire selon la tranche d'unités urbaines ont été utilisées :

- le pourcentage d'ouvriers dans la population active ;
- le pourcentage de bacheliers chez les 15 ans et plus ;
- le pourcentage de chômeurs dans la population active ;
- le revenu médian par foyer.

L'indice a été obtenu à l'aide d'une ACP conduite sur ces quatre variables. Les résultats de l'ACP étaient similaires lorsque l'analyse était conduite au niveau national ou dans chaque tranche d'unité urbaine. L'association entre défaveur sociale et mortalité sur la période 1997-2001 est observée quelle que soit l'échelle spatiale choisie (commune, canton, zone d'emploi, département et région). Le FDep calculé pour les échelles autres que communale est obtenu comme la moyenne pondérée sur la population des valeurs obtenues au niveau communal. De même, l'association entre défavorisation sociale et mortalité se retrouve dans toutes les tranches d'unités urbaines. Cet indice est actuellement utilisé par la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAM-TS).

3.2.2.2. L'EUROPEAN DEPRIVATION INDEX (EDI)

L'EDI ou « *european deprivation index* », est un indice de défaveur sociale à visée européenne, proposé par Pornet et al. (Pornet et al, 2012). La méthodologie est différente de celle utilisée pour les indices de défaveur sociale habituellement rencontrés. Elle prend comme point de départ la définition de la défaveur de Townsend, et postule qu'il n'y a pas de variables suffisamment standardisées pour la mesurer, celles-ci variant selon les pays. La démarche consiste donc à définir cette notion dans la population étudiée, avec les variables pertinentes, avant de construire l'indice. La méthodologie est légèrement différente car repose sur la

sélection d'une combinaison de variables disponibles à la fois au niveau individuel dans une enquête européenne et au niveau géographique dans le recensement de la population, et qui reflète au mieux l'expérience individuelle de défaveur sociale. L'enquête européenne utilisée est l'étude EU-SILC (*European Union – Statistics on Income and Living Conditions*) ou SRCV dans sa version française (Statistiques sur Revenus et Conditions de vie). Cette enquête vise à collecter des données sur le revenu, la pauvreté, l'exclusion sociale et les conditions de vie.

La méthodologie implique trois étapes.

La première étape consiste en la construction d'un indicateur individuel de défaveur sociale. Celle-ci comporte trois tâches : i) l'identification des besoins fondamentaux des personnes en utilisant l'enquête Européenne spécifiquement dédiée à l'étude de la défaveur ; ii) la sélection de besoins fondamentaux qui sont associés à la fois à la pauvreté objective et à la pauvreté subjective, puisque la défavorisation n'est pas seulement déterminée par le revenu et iii) la définition d'un indicateur individuel de défaveur binaire à partir de ces besoins fondamentaux associés à la fois à la pauvreté objective et subjective.

La seconde étape consiste en l'identification et dichotomisation de variables disponibles à la fois au niveau individuel (dans l'enquête européenne) et dans le recensement.

Dans la troisième étape, on construit l'EDI. Une régression logistique sur les données de l'enquête européenne permet de ne conserver, parmi les onze variables retenues, que celles associées à l'indicateur individuel. Les coefficients de régression associés à chacune de ces variables deviennent les poids de ces variables dans l'EDI. L'EDI est construit au niveau de l'Iris et inclut les variables suivantes :

- surpopulation dans le logement ;
- pas de chauffage central ou électrique ;
- non propriétaire, chômeur ;
- de nationalité étrangère ;
- pas de voiture ;
- ouvrier non qualifié ou agricole ;
- niveau d'études faible ;
- taux de famille monoparentale.

La méthodologie utilisée pour construire l'EDI est reproductible dans les 26 pays européens concernés par l'enquête EU-SILC. Par ailleurs, puisque les données de l'enquête SRCV sont aussi disponibles au niveau régional, une adaptation est possible pour toutes les régions françaises. Enfin, l'enquête EU-SILC étant répétée chaque année, l'indice peut être répliqué dans le temps. L'EDI est disponible pour l'ensemble des IRIS, à partir des données INSEE (2007).

3.2.2.3. INDICE SOCIO-ECONOMIQUES SES (OU «*SOCIOECONOMIC STATUS*»)

Cet indice a été élaboré par B. Lalloué (Lalloué, 2013), dans le cadre de sa thèse. Il a été développé au niveau de l'Iris sur les agglomérations de Paris, Lille, Lyon et Marseille, en utilisant les données du recensement de 1999 et 2006, les revenus fiscaux des ménages de (2001-2006) et l'enquête logement de 2001. A partir de ces données, une cinquantaine de variables a été sélectionnée. Ces variables ont été choisies pour être représentatives des concepts théoriques de la position socioéconomique et en lien avec la littérature. Les variables ont d'abord été sélectionnées par des ACP. L'indice représente la combinaison linéaire des facteurs retenus par le premier axe de la dernière ACP. La même procédure a été appliquée à chaque agglomération séparément puis aux quatre agglomérations simultanément, d'abord avec les données du recensement de 1999 puis avec celles du recensement de 2006. Les variables sélectionnées sont identiques dans tous les cas, sauf pour Lille (1999).

Pour les données de 2006, entre 17 et 21 variables ont été retenues pour chaque agglomération, dont :

- huit variables communes à tous les indices : population étrangère, immigré, famille monoparentale, sans diplôme, BACC+2, chômage total, non propriétaire, revenu médian ;
- huit variables complémentaires communes aux agglomérations de province : profession intermédiaire, emplois stables, maisons, immeubles, garages, surface de plus de 100m², sans voiture, deux voitures ou plus ;
- autres variables : population inférieure à 25 ans, cadres, employés, ouvriers, non scolarisés, HLM.

Dans tous les cas, l'axe oppose les varaibles de «faveur» et de «défaveur».

Les auteurs proposent une classification ascendante hiérarchique pour catégoriser l'indice en classes homogènes. Les quintiles ou les déciles, bien que souvent utilisés, ne sont pas appropriés. La classification optimale comporte trois classes, mais les classes diffèrent des terciles. Les auteurs mettent à disposition le programme en langage R permettant la création de l'indice et la définition des classes.

3.2.2.4. L'INDICE DE DEVELOPPEMENT HUMAIN 2 «IDH 2»

Un autre indicateur développé récemment en France est l'Indice de Développement Humain 2 (ou IDH – 2) (Nascimento et al. 2008). C'est un indice adapté de l'indicateur de développement humain (IDH[31]) développé par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) 1990. L'IDH-2 qui prend en compte simultanément trois dimensions : la santé, l'éducation et le niveau de vie. Cet indicateur se présente comme un nombre sans unité compris entre 0 (développement humain nul) et 1 (développement humain maximal).

Sa méthode de calcul est la suivante. Les indices représentant les trois dimensions de l'IDH-2 sont normalisés à partir d'un taux plancher et d'un taux plafond, définis comme valeur minimale ou maximale observée au sein du territoire. La santé est représentée par l'espérance de vie à la naissance. L'éducation est représentée par la part de la population de plus de 15 ans sortie du système scolaire avec un diplôme. Enfin, le niveau de vie est calculé à partir de la médiane des revenus fiscaux des ménages par unité de consommation[32]. Ces trois indices calculés sont agrégés en opérant, comme dans l'IDH, une simple moyenne non pondérée des trois indicateurs, en appliquant successivement les formules suivantes :

[31]L'indice de développement humain (IDH) est un indice statistique composite, créé par le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) en 1990 pour évaluer le niveau de développement humain des pays du monde. L'IDH se fonde sur quatre critères majeurs : le PIB par habitant, l'espérance de vie à la naissance, le niveau d'éducation et le niveau de vie.

[32]Système de pondération attribuant un coefficient à chaque membre du ménage et permettant de comparer les niveaux de vie de ménages de tailles ou de compositions différentes. Avec cette pondération, le nombre de personnes est ramené à un nombre d'unités de consommation (UC).Par convention, le nombre d'unités de consommation d'un « ménage fiscal » est évalué de la manière suivante : le premier adulte du ménage compte pour une unité de consommation ; les autres personnes de 14 ans ou plus comptent chacune pour 0,5 ; les enfants de moins de 14 ans comptent chacun pour 0,3. Cette échelle d'équivalence est utilisée couramment par l'Insee et Eurostat pour étudier les revenus ainsi exprimés par « équivalent adulte ».

- Indice de niveau de vie = [log (revenu médian/uc) – log(5000)] / [log(25000)-log(5000)]

où 5000 et 25000 sont respectivement les taux plancher et plafond des revenus des ménages en dollars US (PPA)

- Indice d'instruction-diplôme = (Valeur mesurée-50) / (100 – 50)

où 50% et 100 % sont respectivement les taux plancher et plafond de la population fixés (par les auteurs)

- Indice de santé = (valeur mesurée – 65) / (85 – 65)

où 65 et 85 sont respectivement le taux plancher et plafond fixés par les auteurs (l'âge de 65 ans correspond à celui en dessous duquel la mortalité est considérée comme prématurée).

Enfin, ces indices sont agrégés en opérant une simple moyenne non pondérée des résultats obtenus pour calculer la valeur de l'IDH 2 :

IDH2 = (Indice de santé+ Indice d'instruction + Indice de niveau de vie) /3

3.3. Choix de l'indice de défaveur sociale utilisée dans cette thèse

Nous avons vu qu'il n'existe pas à l'heure actuelle d'unanimité quant à la mesure permettant de synthétiser les multiples dimensions de la défaveur sociale. Les différents indices proposés ont chacun leurs avantages et inconvénients respectifs (voir tableau 10).

En effet, la plupart des indices existantes posent différents problèmes. Comme l'a rappelé B. Lalloué (Lalloué, 2013), ces problèmes peuvent provenir de la sélection des variables. Cette sélection est principalement basée sur le choix arbitraire de variables reconnues dans la littérature comme étant de bons indicateurs du statut socio-économique. Cette sélection étant faite une bonne fois pour toute, cela conduit à utiliser encore actuellement des indices parfois définis il y a plus de vingt ans, alors même que les définitions des variables ou leur importance vis-à-vis du statut socio-économique a pu évoluer. Par ailleurs, cette sélection de variables est adaptée pour le pays et le type de zone (rurale, urbaine), pour laquelle elle a été prévue, mais ne l'est pas forcément à d'autres contextes. La comparaison entre pays peut ainsi être difficile à cause des différences de définitions (la notion de classe sociale utilisée dans certains indices peut fortement changer selon les pays, quand elle y est définie). Il en est de

même pour les comparaisons au sein des pays mais dans des contextes différents (l'interprétation de la proportion de foyers sans voiture peut dépendre de l'infrastructure et de la disponibilité des réseaux de transports en commun locaux, ou selon que l'on est en contexte rural ou urbain). Ceci rend donc parfois la reproductibilité de ces indices compliquée.

Nous avons également vu que plusieurs tentatives ont été menées en France pour chercher à identifier différents niveaux locaux de défaveur sociale (Rey et al, 2009 ; Lalloué, 2013 ; etc.). Ces travaux ont été menés à différentes échelles spatiales (cantons, communes, IRIS), sur différentes portions de l'espace français (France métropolitaine, Lyon, Marseille, etc. .), intégrant tantôt uniquement des espaces urbanisés, tantôt les zones urbaines et leurs espaces périphériques, notamment ruraux. Les méthodologies employées sont variées, tant au niveau des variables retenues qu'au niveau du mode d'élaboration d'un indice (méthodes factorielles, calcul de scores cumulés). S'ils montrent souvent des associations avec les indicateurs de santé ou environnementaux retenus, ces résultats restent peu comparables et peu transposables d'une recherche à l'autre.

Enfin, nous avons constaté que certains indices utilisent un nombre important de variables (en particulier ceux utilisant un ACP). C'est exemple le cas de l'indice métropole élaborée par B. Lalloué (2013). Même si les données relatives cet indice sont aisées à réunir et à actualiser, et même si l'adéquation entre l'indice obtenu et les variables a été confirmé par les experts locaux, de tel indice présente un désavantage car son interprétation est plus complexe. De plus, nous pensons que cela peut poser des difficultés supplémentaires dans une perspective d'analyse comparative car des variables déterminantes dans certains contextes peuvent ne par l'être dans d'autres. Nous avons néanmoins remarqué que la plupart des indices existants utilisent un nombre limité (moins de dix) variables.

Face à ces constats, le choix a été fait sur l'indice Fedep (Rey et al, 2009). Ce choix se justifie de plusieurs manières. D'abord, l'indice utilise un nombre limité de variables. Ensuite, nous considérons que l'indice est particulièrement adapté à nos zones d'études en raison de son insensibilité aux différents types d'espaces (rural/urbain) sur l'ensemble du territoire. Même si l'auteur l'a calculé à l'échelle des communes, comme nous allons le voir, l'indice peut être calculé à l'échelle géographique la plus fine pour laquelle les données sont disponibles gratuitement à savoir l'IRIS. De plus, Cet indice permet de révéler le caractère multidimensionnel de la défaveur. Les variables retenues ont des affinités avec les principales

caractéristiques des ménages pauvres et en difficulté de condition de vie[33] en France, donc ayant une probabilité élevée d'être en situation de défaveur, puisqu'il intègre les variables revenu, taux de chômage, catégorie socio- professionnelle et diplôme. Comme l'ont mis en évidence les études de l'Observatoire nationale de la pauvreté et de l'exclusion sociale (ONPES, rapport 2000) : « *plusieurs facteurs peuvent générer une situation de défaveur (précarité), mais la situation vis-à-vis de l'emploi est fondamentale. Les conditions de vie sont aussi des facteurs éventuels de défaveur (précarité)*». En effet, ces formes de pauvreté (défavorisation) sont plus fréquentes chez les chômeurs, les employés ou ouvriers et les non diplômés. Cependant, d'autres facteurs interviennent également. Selon le même observatoire, la pauvreté est particulièrement élevée pour les familles monoparentales. Les ménages locataires de leur résidence principale sont trois fois plus souvent concernés par les difficultés de conditions de vie que les propriétaires.

Par conséquent, afin de fournir l'indice le plus représentatif possible de la défaveur sociale pour nos terrains d'études, nous avons intégré ces deux variables supplémentaires (taux de famille monoparentale et taux de ménage locataire) afin de tester si elles constituent aussi des variables déterminantes. Cette démarche permettra également de tester l'intérêt et la pertinence de l'indice de défaveur sociale FDep, pour mesurer et suivre les inégalités sociales face à l'exposition au bruit des avions en France.

[33] L'indicateur de condition de vie englobe ici : le confort du logement, l'endettement, la consommation et l'équipement (INSEE).

	Avantages	*Inconvénients*
Townsend	Efficacité démontrée par de nombreuses études étrangères et françaises. Facile à calculer ; Indicateur ayant fait l'objet de travaux d'évaluation et de comparaison avec d'autres indices.	Il prend en compte le contexte socio-économique mais ne prend pas en compte le contexte du milieu de vie (urbain ou rural, centre-ville ou périphérie, etc.). Ainsi par exemple, ne pas avoir de voiture n'a pas la même signification en matière de défaveur sociale en milieu urbain, périurbain ou rural. Il est calculé à un contexte donné, or, la mobilité différentielle des groupes sociaux contribue à façonner les territoires.
FDep	Calculé sur la France Construction comparable sur différents types d'espace et sur l'ensemble du territoire	Son calcul au niveau de l'Iris n'a pas été publié.
EDI	Part du postulat qu'il n'y a pas de « *gold standard* » en termes d'indices, mais qu'un concept comme celui de déprivation s'exprime différemment (avec des variables différentes) dans différents pays.	EU-SILC (European Union – Statistics on Income and Living Conditions) pas représentatif de la population française, c'est une enquête : effectif restreint et non réponse (10 036 foyers, 24 940 individus, 19253 âgés de 16 ans et plus). Possibilité d'effectifs faibles dans les régions françaises
SES	Sélection des variables sur des critères statistiques (approche guidée par les données) ; Procédure flexible et reproductible ; Propose une méthode pour créer des classes les plus homogènes possibles.	Validé dans les grandes agglomérations urbaines (Paris, Lille, Lyon, Marseilles), n'a pas été testé dans les zones rurales ; Interprétation complexe car trop de variables.
IDH 2	Propose une vision plus qualitative et discriminante du développement humain, correspondant aux exigences des territoires les plus « développés ».	Le choix des indicateurs et le choix des normalisations utiles font entrer en jeu une part de subjectivité qui mérite d'être discutée.

Tableau 10: Avantages et inconvénients des indicateurs utilisés en France.

Source : Adapté de Nascimento et al, 2008 ; HCEP, 2013

3.4. Méthode d'analyse spatio-temporelle de la défaveur sociale

3.4.1. Données et sources à mobiliser

Pour atteindre les objectifs de notre étude, deux sources de données ont été mobilisées : les données relatives à l'exposition au bruit des avions issues des cartographies de bruit et les données socioéconomiques fournies par l'INSEE.

3.4.1.1. DONNEES D'EXPOSITION AU BRUIT : LE PEB ET LE PGS

Pour attribuer à chaque point de l'espace son niveau d'exposition au bruit, nous avons utilisé les PEB et les PGS (se référer au chapitre 2). Il convient de rappeler que les courbes du PEB ne sont pas des indicateurs mesurant le niveau réel d'exposition au bruit. Ces courbes sont calculées à partir d'hypothèses de trafic à court, moyen et long terme qui tiennent compte des évolutions des infrastructures (nouvelles pistes par exemple). Elles matérialisent donc la zone de bruit susceptible d'être ressentie par les riverains dans les 10 à 15 prochaines années à partir de leur date d'élaboration. Rappelons également que les courbes du PEB classent les zones en quatre groupes : les zones de bruit fort (dites zones A et B), la zone de bruit modéré dite zone C et la zone de bruit faible dite zone D, présenté dans le tableau suivant (tableau 11).

Comme on l'a vu précédemment, la valeur LDEN 55 dB(A) est considérée par la règlementation française et européenne comme valeur limite pour l'évaluation du bruit des avions. Il est donc intéressant de retenir cette valeur pour définir la population exposée au bruit. Pour Toulouse et Lyon, cette valeur correspond à la limite de la zone C du PEB. Cependant, comme le montre le tableau n°13, l'aéroport de Paris-CDG et Orly ne disposent pas de courbe correspondant à cette valeur. Pour l'aéroport de Paris-CDg, nous avons donc retenu la valeur LDEN 56 dB(A) (limite de la zone C du PEB). Comme le PEB de l'aéroport de Paris-Orly a été approuvé tardivement et comme il ne comporte que les zones de bruit supérieur à 62 dB(A) LDEN, nous utilisons pour cet aéroport le contour de la zone III du PGS (LDEN 55 dB(A) pour avoir les mêmes zonages que les autres aéroports étudiés. Les résultats des comparaisons sont donc à interpréter avec précaution.

Aéroport	Zone A (LDEN dB(A))	Zone B (LDEN dB(A))	Zone C (LDEN dB(A))	Zone D (LDEN dB(A))	Date d'approbation
Paris-CDG	70	62	56	50	3 avril 2007
Paris-Orly	70	62	-	-	21 décembre 2012
Lyon-St-Exupéry	70	65	55	50	22 septembre 2005
Toulouse-Blagnac	70	65	55	50	21 août 2007

Tableau 11: Valeurs limites des différentes zones de bruit et date d'approbation du PEB des différents aéroports.

Source : Arrêtés préfectoraux portant approbation des PEB de Paris-CDG, Paris-Orly, Lyon-St-Exupéry et Toulouse-Blagnac

3.4.1.2. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

Les données socioéconomiques proviennent des résultats du recensement général de la population (RGP) fournis par l'INSEE. Nous avons utilisé les RGP 2007 et 2011. L'année 2007 a été choisie comme période initiale d'observation afin de garantir une cohérence entre les données à croiser, à savoir les données de population et les données d'exposition au bruit. L'année 2011 correspond au dernier RGP.

Le RGP de la France fournit des estimations fiables de la population fondée sur différents critères (catégories sociodémographique ou socio-économique de la population par exemple), à un niveau précis (commune, l'Ilôt Regroupé pour l'Information Statistique ou IRIS, etc.). Ces renseignements ont servi de base à l'élaboration de l'indice de défaveur sociale que nous avons élaboré pour cette étude. Les bases de données sur les thèmes suivantes ont été utilisées : logement, diplôme-formation, couples-familles-ménages, évolution et structure de la population, emploi et population active.

Les données sur les revenus des ménages proviennent du dispositif « Revenu Fiscaux Localisés des ménages » (RFLM). Les RFLM sont établis à partir des fichiers exhaustifs des déclarations de revenus des personnes physiques, de la taxe d'habitation et du fichier d'imposition des personnes physiques fournis à l'INSEE par la Direction Générale des Impôts. Les statistiques fournies sont déclinées selon trois niveaux d'agrégation : l'unité de consommation (UC), les ménages ou les personnes. Nous utilisons le revenu médian par UC, niveau préconisé par l'INSEE. En effet, le revenu fiscal par UC est le revenu du ménage rapporté au nombre d'unités de consommation qui le composent[34]. Le revenu fiscal exprimé par

[34]Par convention, le nombre d'unités de consommation d'un « ménage fiscal » est évalué de la manière suivante : le premier adulte du ménage compte pour une unité de consommation ; les autres personnes de 14 ans ou plus comptent chacune pour 0,5 ; les enfants de moins de 14 ans comptent chacun pour 0,3. Cette échelle d'équivalence est utilisée couramment par l'Insee et Eurostat pour étudier les revenus ainsi exprimés par « équivalent adulte ».

UC présente l'avantage de prendre en compte les diverses compositions des ménages et donc les économies d'échelle liées à la vie en groupe : « *Dans de nombreux cas, l'étude des revenus se place dans une problématique de comparaison des niveaux de revenu entre plusieurs zones ou d'analyse des inégalités de revenus entre les ménages au sein d'une zone. L'utilisation du revenu rapporté au nombre d'unités de consommation du ménage est alors préconisée car celui-ci devient un revenu par équivalent adulte, comparable d'un lieu à un autre et entre ménages de compositions différentes* » (INSEE).

3.4.2. Identification de la population soumise aux nuisances sonores et de la population de référence

Pour identifier les groupes de populations soumises aux nuisances sonores, la zone d'étude a été divisée en deux groupes : une zone affectée par le bruit et une zone non affectée.

La population étudiée est celle située dans la zone affectée par le bruit. Cette zone correspond à la zone située à l'intérieur du contour de la C du PEB (pour Paris-CDG, Toulouse-Blagnac et Lyon Saint-Exupéry) et de celle zone III du PGS (pour Paris-Orly). Pour sélectionner ces zones, les contours de bruit ont été superposés avec ceux des IRIS, à l'aide du SIG.

La « population de référence » correspond à celle située dans la zone non affectée par le bruit. Il s'agit du groupe de population dont les résultats obtenus seront comparés à ceux des groupes de populations soumises aux nuisances sonores. Concernant le choix de cette «population de référence», aucune indication claire n'est disponible dans la littérature et la sélection de la «population de référence» peut être quelque peu arbitraire. Ce manque de guide spécifique dans la détermination de la «population de référence» a été cité par plusieurs auteurs comme étant responsable des conflits et des confusions des résultats des recherches existantes dans les littératures sur la justice environnementale (Most et al., 2004). Certaines études comparent la population d'une ville, d'un quartier ou d'une zone à risques (soumise aux nuisances) à celle de l'ensemble des villes du territoire, de la région ou du département (par exemple, on peut comparer le niveau des revenus dans les villes où sont implantées de sites nucléaires à ceux de toutes les villes du territoire ou de la région). On peut aussi comparer les quartiers où sont implantés des sites dangereux aux quartiers de la même ville, qui participent d'une même économie et auraient donc pu recevoir ces sites. Been (1995) a comparé les populations des *tracts* (lotissement) où sont localisés des sites polluants aux populations de ceux

qui étaient dépourvus de tels sites dans la même conurbation. Liu (1997) a quant à lui comparé les quartiers (*tracts*) équipés d'usines de traitement des déchets à des quartiers de la même ville sélectionnés pour leurs caractéristiques similaires (Laurian, 2008). Y. Ogneva-Himmelberger et B. Cooperman (2010) ont défini une zone d'analyse circulaire autour de l'aéroport, dont le rayon a été fixé en fonction de la taille des zones de bruit de l'aéroport, et ont comparé les populations situées dans les zones de bruit avec les populations en dehors de ces zones mais situées dans ce rayon. Most et al, 2004 ont retenu les départements (*county*) les plus concernés par les zones de bruit de l'aéroport. Certaines études, en particulier notamment celles utilisant la MPH comparent les situations dans la zone d'impact par rapport à celle située dans une zone tampon autour de cette zone. Enfin, le dans SIG survol de BruitParif, la zone a été délimitée en fonction de deux critères : l'exposition au bruit et la zone le survol.

Dans cette étude, nous avons combiné ces deux dernières approches. Comme nous avons pu le voir précédemment, les contours de bruit des aéroports suivent la forme des pistes. Par exemple, pour l'aéroport de Paris-CDG, ces contours s'étendent jusqu'à un rayon de 35 km à partir du centre de l'aéroport. Ainsi, nous considérons la zone située dans un rayon de 35 km autour de l'aéroport de Paris-CDG comme zone d'étude. Cette distance garantit que toutes les zones touchées par le bruit des avions et les personnes qui y résident sont incluses dans l'analyse. Cependant, la zone tampon de 35 km autour de l'aéroport de Paris-CDG couvre plusieurs départements. Or, les contours de bruit de l'aéroport de Paris-CDG tombent principalement sur trois départements : le Val-d'Oise, la Seine-et-Marne et la Seine-Saint-Denis. Par conséquent, seules les populations résidant dans ces trois départements ont été gardées et agrégées pour constituer la population de référence. Ainsi, dans le cas de Paris-CDG, la zone d'étude et la population de référence sont constituées par les populations de ces trois départements et résidant dans les IRIS compris dans un rayon de 35 km autour de l'aéroport. En suivant la même procédure, la population de référence pour l'Aéroport de Paris-Orly est la population résidant dans les départements du Val-de-Marne ou l'Essonne, dans un rayon de 16 km autour de l'aéroport de Paris-Orly. Pour l'aéroport de Lyon-St-Exupéry, la population de référence est constituée par la population résidant dans les départements de l'Ain, l'Isère ou du Rhône, dans un rayon de 25 km autour de l'aéroport. Pour l'aéroport de Toulouse-Blagnac, la population de référence est constituée par la population du département Haute-Garonne, résidant dans un rayon de 16 km autour de l'aéroport de Toulouse-Blagnac.

3.4.2. Unité spatiale d'analyse

Comme on l'a vu précédemment, l'indice de défaveur sociale repose sur une unité d'observation qui est territoriale. Puisque l'objectif de l'indice est de se substituer à une mesure individuelle, l'unité retenue doit être la plus fine possible, et ce, afin d'assurer un fort degré d'homogénéité dans les conditions socio-économiques qui seront imputées à chacun des résidants de cette unité (Pampalon, 2009). Dans cette étude, l'unité choisie est la plus petite pour laquelle les données de l'INSEE sont disponibles, à savoir les IRIS. Il convient de rappeler que l'INSEE définit trois types d'IRIS : 1) les IRIS d'habitat qui sont homogènes quant au type d'habitat (il s'agit aussi bien des quartiers d'habitation des centres-villes que des zones pavillonnaires) et dont la population se situe entre 1 800 et 5 000 habitants ; c'est pourquoi, leur taille physique dépend de la densité, avec de plus petits IRIS dans les centres urbains et des IRIS plus grands dans les zones rurales ; 2) les IRIS d'activité, qui comptent plus de 1 000 salariés et deux fois plus d'emplois salariés que de population résidente, et 3) les IRIS divers, de superficie importante à usage particulier (forêts, parcs de loisirs, zones portuaires, etc..). A partir de ces critères, toutes les communes de plus de 10 000 habitants et une bonne partie de celles de plus de 5000 habitants ont vu leur territoire partitionné en IRIS. Certaines communes sont donc non découpées et assimilées à des IRIS uniques. Cette classification en plusieurs types est particulièrement importante à prendre en compte car les profils des IRIS d'activités et divers sont très marquées vis-à-vis de certaines variables, particulièrement celles considérant le nombre d'habitants. Cette distinction en trois catégories d'IRIS aux caractéristiques distinctes nous conduira donc à effectuer différents choix méthodologiques ou à guider notre interprétation des résultats.

3.4.3. Les indicateurs socio-économiques

Six variables ont été initialement choisies au regard des travaux précédents (Rey, 2009 ; ONPES, 2000). Il s'agit des variables suivantes, exprimées en pourcentage : chômeurs, ouvriers, non diplômés[35], famille monoparentale, locataires auxquels s'ajoute le revenu médian par unité de consommation. Le tableau 12 présente ces différentes variables. Comme l'indice a été calculé à l'échelle des IRIS, cela a posé un problème concernant la disponibilité des informations sur le revenu médian par UC pour certains IRIS, notamment les IRIS divers. Le

[35]. Au lieu d'utiliser la variable taux de bacheliers, nous avons utilisé la variable taux d'ouvriers, afin d'obtenir un indice dans un sens cohérent de désavantage social pou tous les aéroports étudiés (positivement avec les variables de « défaveur » et négativement avec les variables de « faveur ». En effet, avec la variable taux de bacheliers, l'orientation de l'axe est inversée pour Lyon Saint-Exupéry : positivement avec les variables de « faveur » et négativement avec les variables de « défaveur ».

dispositif RFLM est régi par un arrêté approuvé par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), lequel garantit la confidentialité des données. Pour cette raison, les statistiques sur la distribution des revenus ne sont pas fournies pour les zones à faible population. Par exemple, pour le revenu médian par unité de consommation, les seuils de diffusion sont de 200 habitants pour les IRIS et 50 ménages pour les communes. Par conséquent, plusieurs IRIS n'ont pas de valeur, notamment les IRIS divers. Notons que ces RIS sont, dans la majorité des cas, des communes non découpées en IRIS. Ainsi, pour traiter les valeurs manquantes, nous avons suivi la procédure suivante :

- si la commune est composée de trois IRIS ou moins, tous sans valeur, chaque IRIS de la commune prend la valeur du revenu médian de la commune ;
- si la commune est constituée de plus de quatre IRIS sans valeur ou si plus de trois IRIS dans une commune sont sans valeur, chaque IRIS sans valeur prendra la valeur moyenne du revenu médian des IRIS voisins (adjacents) (Lalloué,2013). La variable revenu a subi une transformation afin d'en normaliser la distribution. Ainsi, la variable a été transformée en ses valeurs de logarithme (Pampalon, 2009).

Variables	Définition	Année	Moyenne				Ecart-type			
			CDG	Orly	Toulouse	Lyon	CDG	Orly	Toulouse	Lyon
Taux de chômage	Taux des chômeurs parmi la population active (%)	**2007**	12,7	9,7	11,1	10,8	7,0	4,8	6,9	6,5
		2011	14,0	11,0	12,5	12,3	7,2	5,4	7,1	7,3
Taux d'ouvriers	Taux des ouvriers (selon la nomenclature des PCS de l'Insee) parmi la population (%)	**2007**	13,4	10,1	9,0	12,0	5,6	6,3	4,6	7,3
		2011	12,9	10,1	8,5	11,5	5,2	7,0	4,2	6,7
Taux de sans diplômes	Taux des sans diplômes ou ayant un CEP parmi les populations de 15 ans et plus non scolarisées (%)	**2007**	33,3	26,6	20,5	27,7	12,4	10,9	10,3	12,9
		2011	30,8	24,1	18,1	25,7	12,4	10,1	9,6	13,8
Revenu (€)	Revenu médian par unité de consommation dans l'IRIS (en €)	**2007**	17598,5	20883,8	19963,9	18370,8	5626,4	6029,6	4904,9	5255,2
		2011	18755,7	22429,1	21701,7	20002,2	6196,1	6709,5	5428,9	6026,8

Tableau 12 : Présentation des variables utilisées pour la construction de l'indice de défaveur sociale. *Source* : INSEE, Résultat des recensements de la population et INSEE-DGFiP, Revenu fiscaux localisés des ménages, 2007 et 2011

3.4.4. Construction de l'indice de défaveur sociale

Pour construire l'indice de défaveur sociale, nous avons effectué une ACP, l'approche privilégiée par les études. L'analyse a été appliquée que chacun des terrains séparément. Afin de s'assurer de la stabilité des résultats, l'ACP a été reprise dans chaque département composant la zone d'étude.

Chaque ACP a été effectué en deux étapes.

La première vise à repérer les variables les plus appropriées. Le premier axe de l'ACP a identifié quatre variables associées aux quartiers les plus défavorisés : le taux d'ouvriers, le taux de chômage, le taux de population non diplômés et le logarithme du revenu médian par unité de consommation. Le tableau 12 présente ces variables avec leurs définitions et statistiques descriptives respectives.

Une fois les composantes de l'indice définies grâce à la première ACP, nous avons effectué une deuxième ACP sur ces quatre variables. L'indice de défaveur sociale est alors défini comme la première composante de l'ACP de ces quatre variables. Dans chacun des cas, il représente plus de 67% de l'inertie totale formée par les quatre variables, aussi bien en 2007 qu'en 2011 (voir tableau 13). De plus, il est fortement corrélé à chacune de ses dimensions « *dans un sens cohérent de désavantage social* » (Rey, 2009) : négativement avec les variables dites de «faveur » à savoir le revenu médian et, positivement avec les variables dites de «défaveur», à savoir le pourcentage d'ouvriers, le taux de chômage et le taux de non diplômés. Remarquons que la variance expliquée est légèrement inférieure à Lyon-St-Exupéry.

Les IRIS ont ensuite été classées en fonction de leur note factorielle, de la plus favorisée à la plus défavorisée. Pour ce faire, différentes méthodes existent. Quelques études utilisent des méthodes basées sur des critères statistiques. Par exemple, B. Lalloué (2013) utilise la méthode de classification ascendante hiérarchique. Ogneva-Himmelberger & B. Cooperman (2008) utilisent une approche basée sur les techniques de statistiques spatiales. Mais la majorité des études utilise la classification basée sur les déciles ou les quintiles (par exemple Walker et al., 2006, Pampalon, 2009, etc.). Dans cette étude, nous avons utilisé la distribution par quintile. Ainsi, les IRIS sont regroupés en cinq classes comprenant chacune 20% de la population. Le quintile 1 représente l'IRS le moins défavorisé et le quintile 5, celui le plus défavorisé. Le tableau 14 illustre cette catégorisation des IRIS en cinq groupes.

Indicateurs	Paris-CDG		Paris-Orly		Toulouse-Blagnac		Lyon-Saint-Exupéry	
Année	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**
Revenu	-0,925	-0,913	-0,926	-0,917	-0,923	-0,929	-0,752	-0,820
Chômage	0,875	0,902	0,850	0,875	0,854	0,889	0,837	0,807
Ouvriers	0,823	0,892	0,823	0,856	0,833	0,814	0,872	0,834
Sans diploma	0,903	0,826	0,883	0,746	0,905	0,814	0,915	0,831
Variance expliquée	77,9%	78,1%	75,9%	71,4%	74,4%	74,4%	71,%	67,7%

NOTE : Pour chaque aéroport, ces résultats sont ceux des analyses globales.

Tableau 13: Composante principale formant l'indice de défaveur sociale et pourcentage de variance expliquée par le premier facteur de l'ACP finale. *Source* : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Classe de défaveur sociale	Quintile	Pourcentage
IRIS très favorisé	1er quintile (Q1)	20%
IRIS favorisé	2ème quintile (Q2)	20%
IRIS de la classe moyenne	3ème quintile (Q3)	20%
IRIS défavorisé	4ème quintile (Q4)	20%
IRIS très défavorisé	5ème quintile (Q5)	20%

Tableau 14: Catégorisation des IRIS selon la défaveur sociale.

Enfin, puisque la défaveur social est vue comme un désavantage relatif face à la communauté d'appartenance, différentes versions de l'indice ont été produites, et ce, en modifiant le territoire de référence (Pampalon, 2009). Pour chaque terrain, nous avons ainsi calculé une version globale et une version par département. Ces versions sont obtenues sur l'ACP réalisée dans chaque milieu et sur une distribution des notes factorielles par quintile.

Comme nous allons le voir dans l'analyse qui suit, la version de l'indice varie selon le territoire de référence considéré. Les valeurs présentées pour l'ensemble de la zone d'étude sont issues des calculs effectuées sur l'ensemble de la zone. Celles présentées pour chaque département proviennent des calculs effectués au niveau du département.

3.4.5. Les Indicateur d'inégalité

Harner et al (2002) proposent différents indicateurs d'inégalité environnementale. Ces indicateurs sont conçus pour répondre à différentes questions, en fonction de l'objectif de la recherche :

1. **Le comparative Environmental Risk Index (CERI):** *Are racial minorities and lowincome people more likely to be exposed to environmental hazards than is the rest of the population?*

2a. **Toxic Demographic Difference Index (TDDI):** *Do the demographics for areas of the city that are vulnerable to toxic hazards differ significantly from those for other areas of the urban region?*

2b.**Toxic Demographic Quotient Index (TDQI):** *Are the proportions of racial minorities and low-income people in the at risk areas greater than in not-at-risk areas?*

3a. **Toxic Concentration Equity Index (TCEI):** *Are the numbers of toxic sites more concentrated in minority and low-income areas?*

3b. **Concentration Risk Comparison Index (CRCI):** *Are racial minorities and lowincome people more likely to live near areas of high toxic concentrations than the rest of the population?*

3c. **Concentration Demographics Index (CDI):** *Do the demographic characteristics of areas of the city with high toxic concentrations differ significantly from other areas of the urban region?*

4. **Toxicity Equity Index (TEI):** *Do minority and low-income areas contain more potentially dangerous types of toxic sites?*

Harner *et al.* (2002) ont comparé ces indices en étudiant les cas de différentes villes et recommandent le *Comparative Environmental Risk Index* et le *Toxic Demographic Quotient Inde*x pour leur facilité de calcul et d'interprétation.

L'inégalité environnementale peut également être appréciée par le biais du calcul de l'écart relatif entre les valeurs de Q1 et Q5 (sous forme de ratio ou de pourcentage), ou d'un écart absolu de valeur de Q5 et Q1 (Institut National de Santé Publique de Québec).

Dans cette étude, les deux indices proposés par Harner et al (2002), ainsi que le rapport Q5/Q1 sont utilisés.

- Le rapport Q5/Q1 permet de mesurer l'écart relatif entre ces quintiles de défavorisation. Son interprétation est simple. Par exemple, pour la zone exposée au bruit, si le résultat obtenu est égal à 3, cela signifie que : «le taux de population très défavorisée (Q5) dans la zone exposée au bruit atteint trois fois celui du quintile de population la plus favorisée (Q1)».

- Le Toxic Demographic Quotient index (TDQI) permet de comparer la proportion de population défavorisée dans la zone de bruit par rapport à sa proportion dans la zone non exposée au bruit. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$TDQI = \frac{Taux\ Q5^{zone\ exposée\ \ au\ bruit}}{Taux\ Q5^{zone\ non\ exposée\ au\ bruit}}$$

- Le CERI qui permet de savoir si les populations défavorisées ont une probabilité plus élevée d'être exposées au bruit que le reste de la population. En terme de quintile utilisé dans cette étude, le CERI est calculé da la façon suivante :

$$CERI = \frac{Quintile\ X^{zone\ de\ bruit}/Quintile\ X^{population\ totale}}{pas\ dans\ le\ Quintile\ X^{zone\ de\ bruit}/pas\ dans\ le\ Quintile\ X^{population\ totale}}$$

Les résultats s'interprètent de la façon suivante. Par exemple, si l'on s'intéresse au quintile le plus défavorisé (Q5) et si la valeur du CERI est de 1,9, alors, cela signifie que les populations les plus défavorisées sont 90% plus susceptibles d'être situées dans la zone de bruit par rapport au reste de la population (Q1 à Q4). Une valeur de 0,7 indique qu'ils sont 30% moins susceptibles d'être situés dans la zone de bruit. Enfin, une valeur égale à 1 indique que les populations très défavorisées et le reste de la population ont une probabilité identique d'être situés dans la zone de bruit.

3.4.6. Méthode de calcul de la population

Pour estimer la population dans chaque zone, plusieurs méthodes existent (Most et al. 2004 ; Laurian, 2008). Premièrement, il est possible d'estimer la population d'une zone en n'incluant que les unités censitaires entièrement incluses dans la zone. Cette méthode «*polygon containment* » peut cependant sous-estimer la population affectée. Une autre possibilité consiste à inclure les unités censitaires dont le centroïde (ou centre de gravité) est inclus dans la zone d'impact ou dont les frontières présentent une intersection avec la zone méthode de « *polygon intersection »*. Puisqu' une partie de ces unités peut être située en dehors de la zone, la population exposée au bruit est alors surestimée. La troisième méthode, consiste à estimer la population de la zone en la rapportant à la proportion de la surface de chaque unité géographique contenue dans la zone méthode de « l'*areas interpolation*. Par exemple, si 40 % d'un IRIS est situé dans la zone d'impact, on suppose que 40 % de sa population réside dans la

zone. Cette approche suppose que la population soit distribuée de façon homogène au sein des unités aux niveaux desquelles les données sont collectées. Cela peut donc poser problème si la population est répartie de façon non homogène dans l'IRIS. Ainsi, par exemple, il se peut qu'une grande partie de l'IRIS soit comprise dans la zone de bruit supérieur à 55 dB(A), alors que la majorité des logements sont situés en dehors de la zone, ou inversement. Cette méthode peut donc surestimer ou sous-estimer la population exposée au bruit. Toutes ces méthodes sont simples à mettre en œuvre et s'obtiennent par une fonction par défaut du logiciel MAPINFO.

En France, d'autres chercheurs proposent des méthodes plus précises, qui estiment notamment la population de l'IRIS de manière proportionnelle à la surface des îlots, à la surface bâtie comprise dans les îlots, au nombre, surface ou étages des bâtiments comprises dans les îlots, etc. (voir par exemple les travaux du CERTU, 2005). Cependant, nous ne pouvons par appliquer ces méthodes, faute de données.

Dans cette étude, nous avons choisi la troisième méthode ou méthode de l' «*area interpolation*». En effet, très peu d'IRIS ont été sélectionnés dans la zone de bruit lorsqu'on a testé la méthode du «*polygon containment*» et trop d'IRIS lorsqu'on a testé la méthode du «*polygon intersection*», en particulier pour le cas de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry. Ainsi, la méthode de l' « *area interpolation* » est considérée comme plus appropriée. De plus, c'est la méthode la plus couramment utilisée dans les études. Cependant, la question de la précision de cette méthode reste posée, même si nous travaillons sur une échelle géographique fine, en particulier pour les IRIS «divers» avec des superficies importantes occupées par des bois ou parcs.

En utilisant la méthode de l' «area interpolation», certains IRIS ont été découpées suivant les contours de bruit à l'aide du SIG. Par conséquent, les polygones originaux d'IRIS ont été divisés en deux ou trois polygones plus petits suivant les lignes des contours de bruit, chacun tombant dans une zone (zone exposée au bruit ou non). La méthode de l' «area interpolation» a ensuite été appliquée pour calculer les nouvelles données de population pour chacun des nouveaux polygones plus petits. Nous avons, ainsi obtenu de nouvelles valeurs pour chaque nouveau polygone plus petit en fonction de la proportion de leur surface par rapport à la surface totale du polygone original.

3.4.7. Méthode d'analyse de l'évolution spatiale de l'inégalité

Pour analyser l'évolution spatiale et temporelle de l'inégalité, nous avons, outre le suivi des indicateurs, complété l'analyse par une analyse cartographique. Cela permet d'apprécier l'évolution spatiale de l'inégalité. Suivant la méthodologie utilisée par l'Espace Montréalais d'Information sur la Santé (EMIS), sept possibilités traduisant des changements de nature favorable ou défavorable ou encore le maintien des mêmes conditions entre les deux dates (2007 et 2011) seront étudiées :

- **Des changements de nature défavorable :**

- Grandement détérioré (quintiles 1 ou 2 en 2007 sont changés pour quintiles 4 ou 5 en 2011)
- Détérioré (quintile 3 en 2007 est changé pour quintiles 4 ou 5 en 2011)
- Légèrement détérioré (quintiles 1 ou 2 en 2007 sont changés pour le quintile 3 en 2011)

- **Stabilité**

- Pas de changement (quintile 1 à 1, 1 à 2, 2 à 1, 2 à 2, 3 à 3, 4 à 4, 4 à 5, 5 à 4, 5 à 5)

- **Des changements de nature favorable :**

- Légèrement amélioré (quintile 3 en 2007 est changé pour quintiles 1 ou 2 en 2011
- Amélioré (quintile 4 ou 5 en 2007 sont changés pour quintile 3 en 2011)
- Grandement amélioré (quintile 4 ou 5 en 2007 sont changés pour quintiles 1 ou 2 en 2011).

3.5. Des résultats obtenus qui confirment pour partie les hypothèses

Nous présentons dans cette section les résultats de nos analyses sur les quatre terrains étudiés. L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS et les analyses cartographiques avec MAPINFO.

3.5.1. Cas de Paris- CDG

3.5.1.1. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

Notre étude porte sur un rayon de 35 km autour de l'aéroport de Paris-CDG (figure 14). Comme le montre le tableau 15, il comporte 1283 IRIS, parmi lesquels 152 IRIS sont situés en

totalité ou en partie dans la zone C du PEB. Le territoire couvre une superficie totale de 1949 km², dont 223 km² (11,5%) comprise dans la zone C du PEB. Cette dernière est répartie de la manière suivante selon les départements : 48% pour la Seine-et-Marne, 46% pour le Val-d'Oise et 5% pour la Seine-Saint-Denis.

Le territoire forme un ensemble de plus de trois millions d'habitants. La population située dans la zone C représente 6,3% (192 770 habitants). Elle est localisée principalement dans le département du Val-d'Oise (91%, 175 585 habitants), suivi de la Seine-et-Marne (8%, 15374 habitants) et de la Seine-Saint-Denis (1%, 1 812 habitants). Cette population a augmenté de 1,5% entre 2007 et 2011 (contre 2,3% dans la zone non exposée).

La variabilité de la population des IRIS est grande car le territoire couvre à la fois un espace urbanisé (Sud-ouest du Val d'Oise et Seine-Saint-Denis) et rural (la majorité du territoire de Seine-et-Marne) (voir figure 10). Le premier est caractérisé par des IRIS de petite surface et une densité élevée (6450 habitants par km² dans la Seine-Saint-Denis (149 habitants/km² dans la zone de bruit) et 1520 habitants /km² dans le Val-D'oise (1692 habitants/km² dans la zone de bruit). La Seine-et-Marne, par contre, est caractérisée par la prédominance des IRIS divers, qui ont peu d'habitants mais de superficie importante, constituée principalement par des terres arables mais aussi quelques forêts (selon la classification de Corinne Land cover), avec seulement une densité de 575 habitants/km² (143 habitant/km² dans la zone de bruit).

		Seine-et-Marne		**Seine-St-Denis**		**Val-d'Oise**		**Total**	
		Total	**%**	**Total**	**%**	**Total**	**%**	**Total**	**%**
Pop. 2007	Hors zone C	593512	97,6%	1488369	99,9%	736743	80,9%	2818624	93,7%
	Zone C	14871	2,4%	1661	0,1%	173397	19,1%	189929	6,3%
	Total	**608383**	**100,0%**	**1490029**	**100,0%**	**910140**	**100,0%**	**3008552**	**100,0%**
Pop. 2011	Hors zone C	619867	97,6%	1515031	99,9%	749303	81,0%	2884201	93,7%
	Zone C	15374	2,4%	1812	0,1%	175585	19,0%	192770	6,3%
	Total	**635241**	**100,0%**	**1516842**	**100,0%**	**924888**	**100,0%**	**3076971**	**100,0%**
Surf.	Hors zone C	998	90,3%	223	94,8%	505	83,0%	1726	88,5%
	Zone C	107	9,7%	12	5,2%	104	17,0%	223	11,5%
	Total	**1105**	**100,0%**	**235**	**100,0%**	**609**	**100,0%**	**1949**	**100,0%**
Nbr. IRIS	Hors zone C	268	90,5%	609	99,8%	358	74,4%	1235	89,0%
	Zone C	28	9,5%	1	0,2%	123	25,6%	152	11,0%
	Total	**296**	**100,0%**	**610**	**100,0%**	**481**	**100,0%**	**1387**	**100,0%**

Tableau 15: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés : cas de Paris-CDG.

Source : INSEE, Résultats du recensement de la population et INSEE-DGFiP, Revenus fiscaux localisés des ménages en 2007 et 2011

AEROPORT DE PARIS-CDG

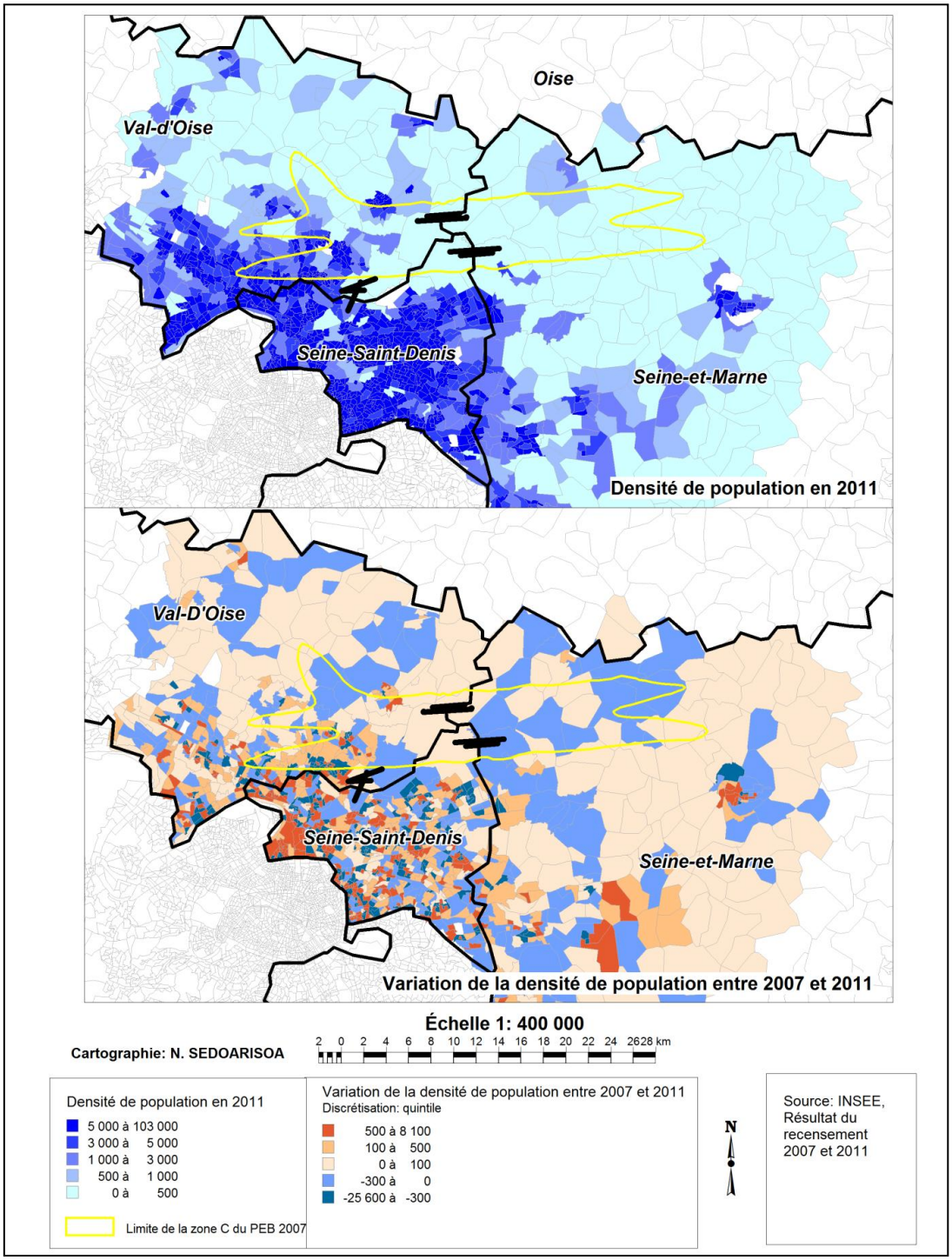


Figure 13: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 autour de l'aéroport de Paris-CDG.

3.5.1.2. DESCRIPTION ET REPARTITION SPATIALE DE L'INDICE DE DEFAVEUR SOCIALE

Le tableau 16 montre les statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale. Il varie de -2,72 à 3,97 en 2007 et de -2,31 à 3,42 en 2011.

		2007	**2011**
Quintiles	Q1	<-0,92	<-0,93
	Q2	[-0,92;-0,40[	[-0,93;-0,39[
	Q3	[-0,40;0,21[	[-0,39;0,22[
	Q4	[0,21;0,97[	[0,22-0,98[
	Q5	>ou=0,97	>ou=0,98
Moyenne		0	0
Ecart-type		1	1
Min		-2,72	-2,31
Max		3,97	3,42
N		1283	1283

Tableau 16: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011, cas de Paris-CDG

La répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale (ainsi que des quatre indicateurs socio-économiques qui constituent cet indice, voir annexe 3.1), montre une mauvaise position des IRIS très urbanisés du sud-est du Val-d'Oise et de la Seine-Saint-Denis (figure 14).

Au sein de la zone C du PEB, les IRIS qui comportent les populations très défavorisées (Q5) se trouvent au sein du Val-d'Oise. On note par exemple certains IRIS des communes de Gonesse, Arnouville-Lès-Gonesse, Villiers-le-Bel, Goussainville et Sarcelles. Mais des exceptions existent, notamment la commune de Roissy-en-France, qui affiche une situation plus favorable (quintile 2) (figures 11).Pour la Seine-et-Marne, le quintile le plus représenté est le quintile favorisé (quintile 2), suivi du quintile moyen (quintile 3). Pour la Seine-St-Denis, c'est le quintile moyen (quintile 3) qui est représenté (cela concerne un seul IRIS).

AEROPORT DE PARIS-CDG

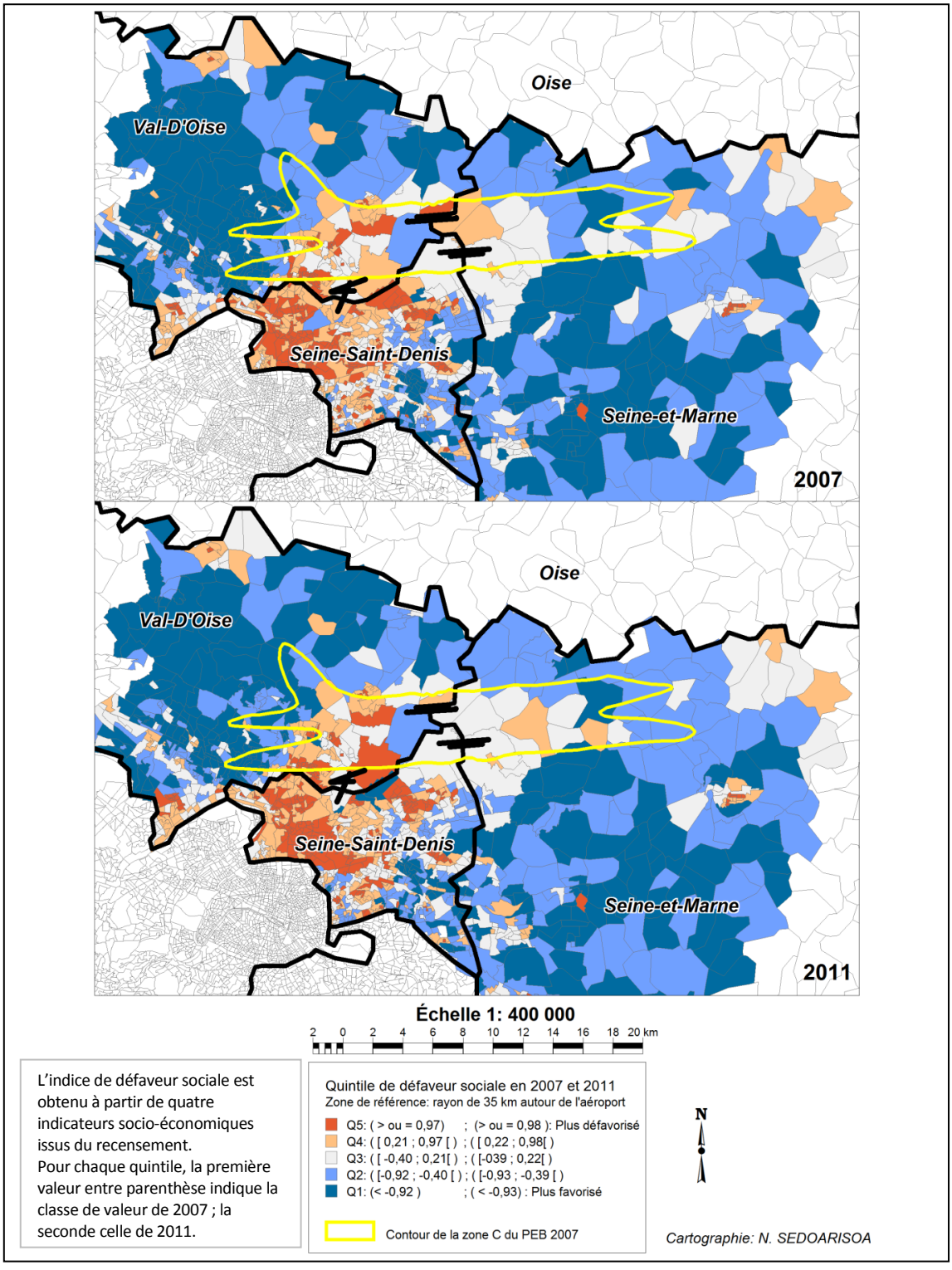


Figure 14: Distribution géographique de l'indice de défaveur en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

3.5.1.3. INEGALITE SOCIALE ET EXPOSITION AU BRUIT

Au niveau de l'ensemble de la zone d'étude, les trois indicateurs d'inégalité utilisés, à savoir le rapport du cinquième au premier quintile de défaveur sociale, le TDQI et le CERI, indiquent qu'il existe une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions.

Dans la zone C du PEB, en 2007, le quintile le plus défavorisé (Q5) rassemble-le plus de population (28%). Le quintile le plus aisé (Q1), ne regroupe quant à lui que 14% (tableau 17 et figure 16).

La proportion de population du quintile le plus défavorisé (Q5) représentait deux fois celle du quintile le plus aisé (Q1). En 2011, ce rapport est de 1,6 fois, ce qui montre que les inégalités d'exposition ont légèrement diminué, entre les deux groupes (tableau 21).

Cette situation est confirmée par le TDQI, qui montre qu'en 2011, le rapport entre la proportion de population la plus défavorisée dans la zone C du PEB et celle dans la zone non exposée au bruit a légèrement diminué. En passant de 1,4 en 2007 à 1,2 en 2011, le TDQI révèle que les inégalités entre zone exposée et non exposée au bruit se réduit légèrement (tableau 21)

Les valeurs du CERI indiquent que les populations les plus défavorisées (Q5) ont une probabilité plus élevée d'être exposée au bruit des avions que le reste de la population mais que cette probabilité a légèrement diminué. En 2007, les populations les plus défavorisées (Q5) sont 45% plus susceptibles d'être exposées au bruit que le reste de la population. En 2011, elles sont 26% plus susceptibles d'être exposées (tableau 22).

Lorsque les données sont désagrégées par département, les résultats varient selon le département. Ainsi, on s'aperçoit que le profil global de l'inégalité environnementale, observée dans les données agrégées, est principalement dû au département du Val-d'Oise. L'association entre défaveur sociale et exposition au des bruit des avions y est observable, aussi bien en 2007 qu'en 2011, avec une inégalité plus accentuée. Au sein de la zone C du PEB, le pourcentage de population augmente avec le niveau de défavorisassions (tableau 18 et figure 17). Le nombre d'habitants appartenant au groupe le plus défavorisé était 4,5 fois supérieur à celui appartenant au groupe le plus aisé en 2007 et six fois en 2011 (rapport Q5/Q1) (tableau 21). Les TDQI indiquent qu'au sein de cette zone, il y a trois fois plus de population très défavorisées que dans la zone non exposée (en 2007 et en 2011) (tableau 21). Enfin, les valeurs du CERI pour le

quintile le plus défavorisé est d'environ 3 en 2007 et 2011, ce qui signifie que les populations très défavorisées sont 200% plus susceptibles d'être situées dans la zone C du PEB que le reste de la population (tableau 22).

Cependant, dans la Seine-et-Marne au sein de la zone C du PEB, le groupe le plus représenté appartient au quintile moyen (Q3), aussi bien en 2007 qu'en 2011 (tableau 19 et figure 18). Les valeurs du CERI indiquent que les populations les plus défavorisées ne sont pas plus susceptibles que les populations de niveau socio-économique moyen d'être exposé au bruit (tableau 22). Il y a cependant six fois plus de population très défavorisée que de population très favorisée en 2007 et environ trente trois fois en 2011. De plus, les TDQI indiquent que les proportions de populations très défavorisées sont plus élevées dans la zone C du PEB que dans la zone non exposée, aussi bien en 2007 qu'en 2011 (tableau 21).

Enfin, dans la Seine-Saint-Denis, les populations situées dans la zone C du PEB appartiennent au groupe socio-économique moyen (Q3) (cela concerne un seul IRIS) (tableaux 20, 21 et 22 et figure 19).

Ensemble								
	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	540912	26250	19%	14%	507879	29778	18%	15%
Q2	576861	23446	20%	12%	632426	20655	22%	11%
Q3	566478	44049	20%	23%	584214	45265	20%	23%
Q4	561577	43748	20%	23%	588415	50838	20%	26%
Q5	572757	52436	20%	28%	571267	46234	20%	24%
Total	2818585	189929	100%	100%	2884201	192770	100%	100%

Tableau 17: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de l'ensemble de la zone d'étude.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Val-d'Oise								
	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	155166	16003	21%	9%	162841	11644	22%	7%
Q2	168433	15014	23%	9%	167672	21413	22%	12%
Q3	167746	27907	23%	16%	170330	21847	23%	12%
Q4	144598	42100	20%	24%	149323	50044	20%	29%
Q5	100771	72372	14%	42%	99138	70636	13%	40%
Total	736716	173397	100%	100%	749303	175585	100%	100%

Tableau 18: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas du Val-d'Oise.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Seine-et-Marne								
	2007				2011			
	Effectif		Pourcentage		Effectif		Pourcentage	
	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	123374	631	21%	4%	111748	110	18%	1%
Q2	119932	546	20%	4%	135930	909	22%	6%
Q3	123508	6057	21%	41%	122564	5104	20%	33%
Q4	107526	3746	18%	25%	129157	5627	21%	37%
Q5	119172	3890	20%	26%	120469	3624	19%	24%
Total	593512	14871	100%	100%	619867	15374	100%	100%

Tableau 19: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de la Seine-et-Marne.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Seine-Saint-Denis								
	2007				2011			
	Effectif		Pourcentage		Effectif		Pourcentage	
	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	287098	0	19%	0%	294041	0	19%	0%
Q2	297602	1661	20%	100%	295176	1812	19%	100%
Q3	299186	0	20%	0%	309873	0	20%	0%
Q4	295550	0	20%	0%	313509	0	21%	0%
Q5	308921	0	21%	0%	302432	0	20%	0%
Total	1488357	1661	100%	100%	1515031	1812	100%	100%

Tableau 20: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de la Seine-Saint-Denis.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

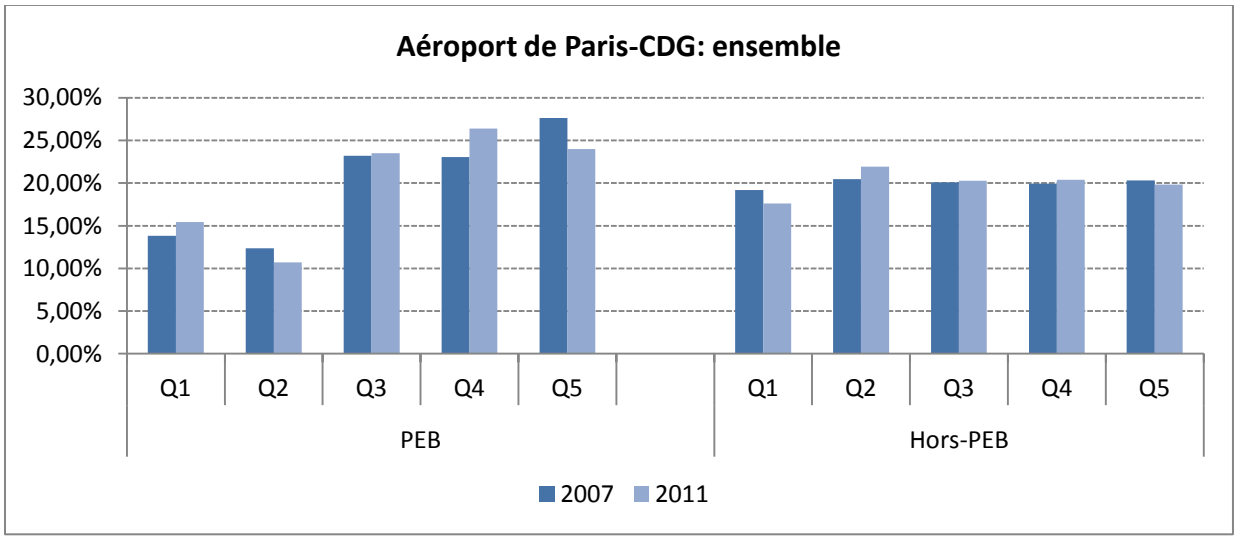


Figure 15: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

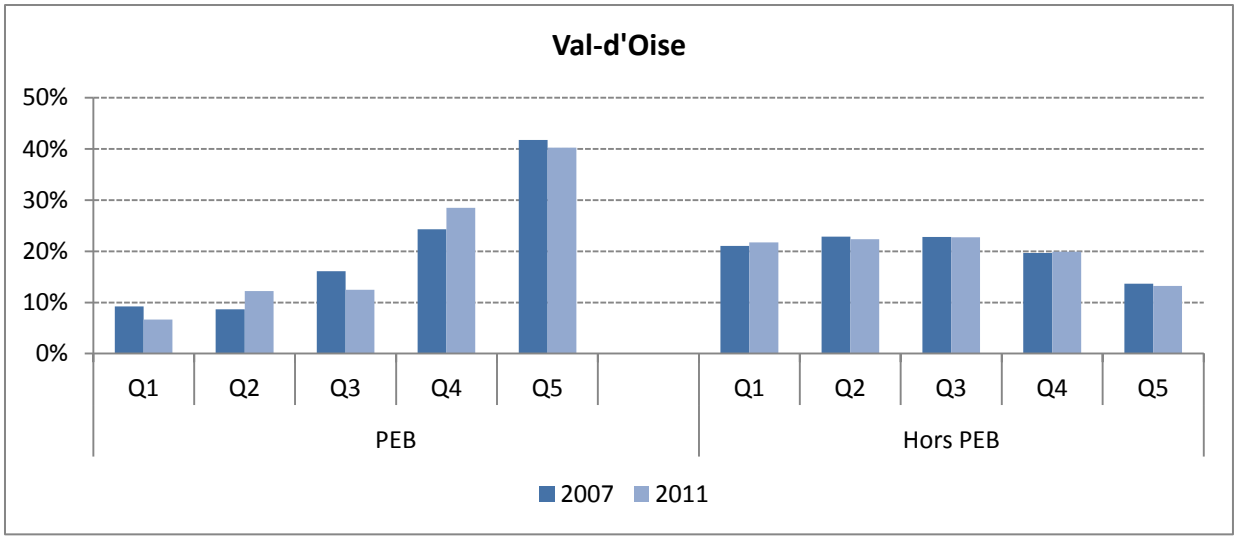


Figure 16: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas du Val-d'Oise.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

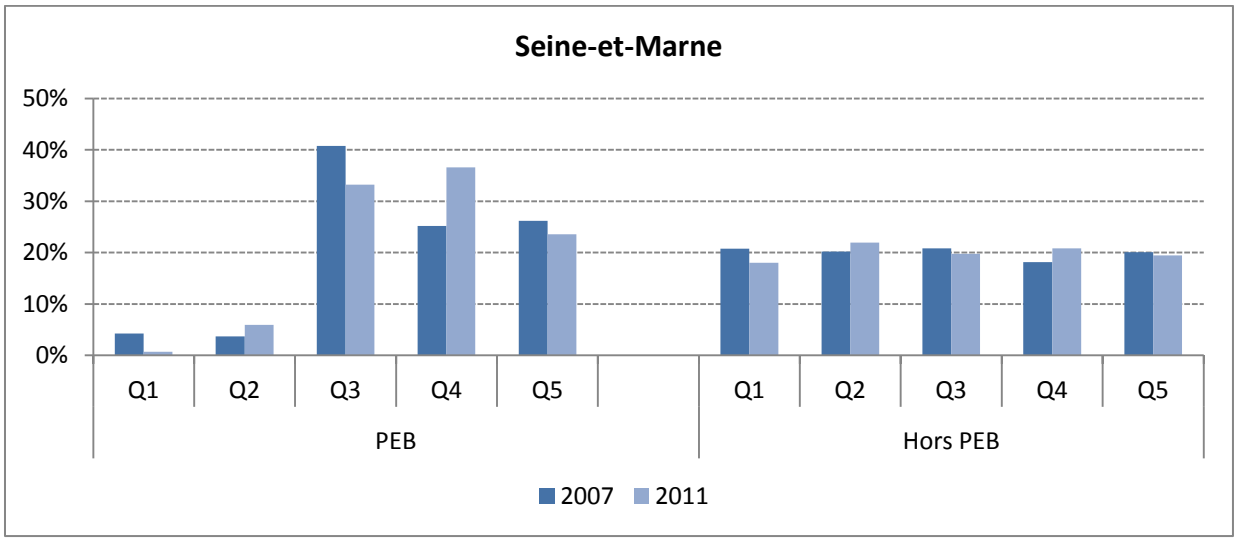


Figure 17: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de la Seine-et-Marne.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

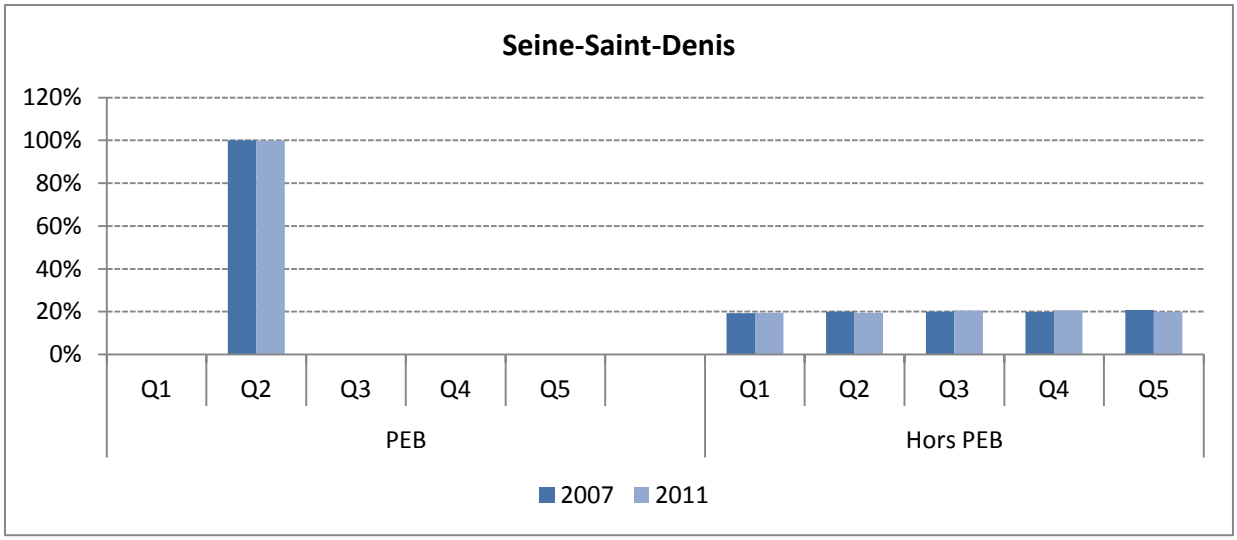


Figure 18: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de la Seine-Saint-Denis.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

	Q5/Q1		TDQI	
	2007	**2011**	**2007**	**2011**
Ensemble	2,0	1,6	1,4	1,2
Val-d'Oise	4,5	6,1	3,1	3,0
Seine-et-Marne	6,2	32 ,9	1,3	1,2
Seine-Saint-Denis	-	-	-	-

Tableau 21: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, selon la zone d'étude: cas de Paris-CDG.

Source : INSEE : Résultats des recensements 2007 et 2011

Quintile	**Ensemble**		**Val-d'Oise**		**Seine-et-Marne**		**Seine-St-Denis**	
	2007	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**
Q1	0,69	0,86	0,44	0,31	0,17	0,03	0	0
Q1 et Q2	0,56	0,56	0,34	0,36	0,13	0,11	0	0
Q3	1,19	1,19	0,70	0,54	2,54	1,98	0	0
Q4 et Q5	1,48	1,47	2,97	3,31	1,68	2,20	0	0
Q5	1,45	1,26	3,05	2,99	1,40	1,27	0	0

Tableau 22: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Paris-CDG.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011.

3.5.1.4. EVOLUTION SPATIALE DE LA DEFAVEUR SOCIALE

La comparaison des valeurs de l'indice défaveur sociale en 2007 et 2011, permet de distinguer différentes situations (figure 20).

Au sein de la zone C du PEB, la majorité des IRIS ont connu une situation stable. Certains ont vu leur situation:

- **Grandement améliorée** : Tissonvilliers (Villiers-le-Bel, 95)[36],
- **Améliorée** : Gare (Arnouville-les-Gonesse) et Centre-Ville (Gonesse) dans le département du Val-d'Oise, Mauregard (Mauregard) et Le-Mesnil-Amelot dans la Seine-et-Marne.
- **Légèrement dégradé** : Juilly et Nantouillet (77).
- **Dégradé :** Mont de GIF (Sarcelles, 95), Cottage et Stade (Arnouville-Lès-Gonesse, 95) Thieux (Thieux, 77), Vinantes (Vinantes,77).

AEROPORT DE PARIS-CDG

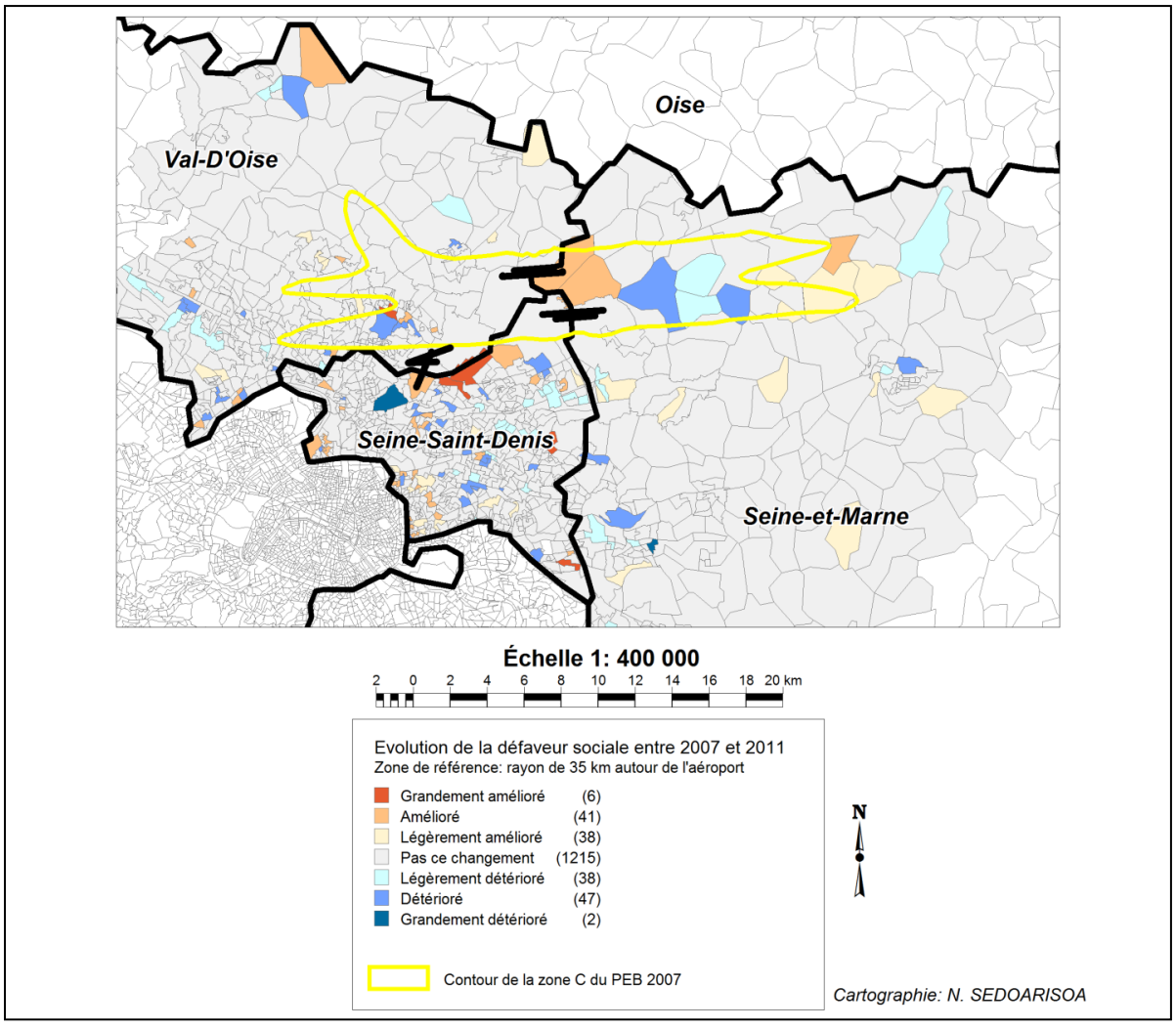


Figure 19: Evolution spatiale de la défavorisation sociale, entre 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

[36]Entre parenthèse : nom de la commune où se situe l'IRIS et département

3.5.2. Cas de l'aéroport de Paris-Orly

3.5.2.1. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

La figure 21 et le tableau 23 présentent la zone étudiée pour Paris-Orly. Cette zone porte sur un rayon de 16 km autour de l'aéroport. Elle s'étale sur deux départements : l'Essonne et le Val-de-Marne. Comme le montre le tableau 20, elle comporte 865 IRIS, dont 89 sont situés en totalité ou en partie dans la zone III du PGS.

Ce territoire couvre une superficie totale de 758 km². 90 km² (9,6%) de cette superficie sont comprise dans la zone III du PGS, avec environ 60% (53 km²) dans l'Essonne et 40% (36 km²) dans le Val-de-Marne.

		Essonne		**Val-de-Marne**		**Total**	
		Total	**%**	**Total**	**%**	**Total**	**%**
Population 2007	Hors zone III	916684	95,5%	1165655	93,6%	2082339	94,4%
	Zone III	43294	4,5%	79631	6,4%	122925	5,6%
	Total	**959978**	**100,0%**	**1245286**	**100,0%**	**2205264**	**100,0%**
Population 2011	Hors zone III	928207	95,5%	1187273	93,5%	2115481	94,3%
	zone III	44150	4,5%	82571	6,5%	126721	5,7%
	Total	**972357**	**100,0%**	**1269845**	**100,0%**	**2242202**	**100,0%**
Surface	Hors zone III	475	89,9%	194	84,2%	668	88,2%
	zone III	53	10,1%	36	15,8%	90	11,8%
	Total	528	100,0%	230	100,0%	758	100,0%
Nombre d'IRIS	Hors zone III	356	90,1%	486	90,7%	842	90,4%
	zone III	39	9,9%	50	9,3%	89	9,6%
	Total	360*	100,0%	505*	100,0%	865*	100,0%

Tableau 23: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés : cas de Paris-Orly.

Source : INSEE, Résultats du recensement de la population et INSEE-DGFiP, Revenus fiscaux localisés des ménages en 2007 et 2011

Le territoire forme un ensemble de plus de deux millions d'habitants. La population située dans la zone III du PGS représente 5,7% (126 721 habitants) de la population totale, dont 65% se trouvent dans le Val-de-Marne (82571 habitants) et les 35% restants dans l'Essonne (44150 habitants). Cette population de la zone exposée au bruit a connue une évolution plus rapide (+3,1%) que celle de la zone non exposée (+1,6%), entre 2007 et 2011. Le territoire de l'étude est un territoire très urbanisé (figure 14), caractérisé par des IRIS de petite surface et une densité élevée (2959 habitants/km²), mais dans le Val-de-Marne, la densité est presque trois fois plus élevée (5523 habitants/km², dont 2270 habitants/km² dans la zone de bruit) que dans l'Essonne (1842 habitants/km², dont 828 habitants/km² dans la zone de bruit).

AEROPORT DE PARIS-ORLY

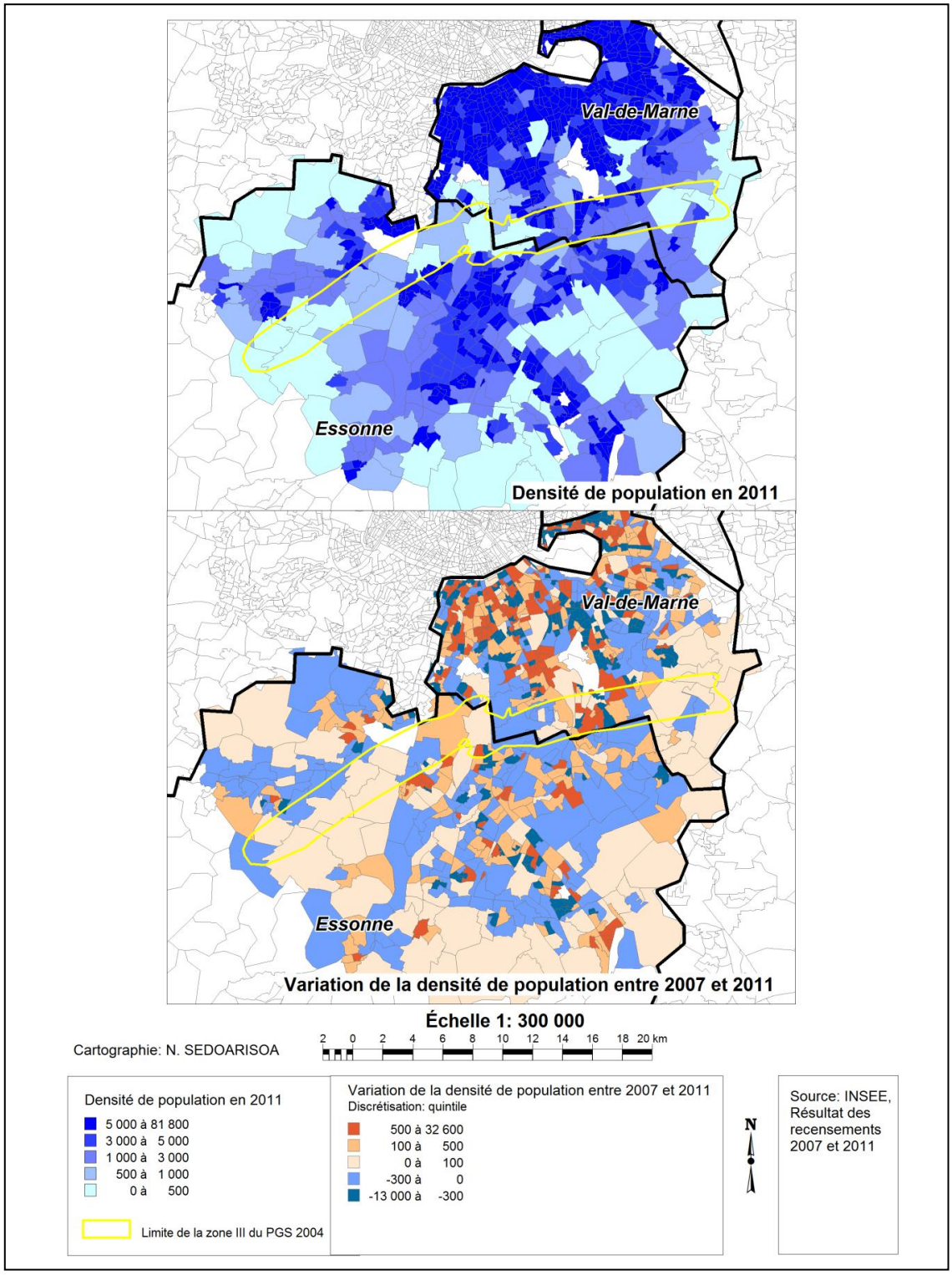


Figure 20: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 autour de l'aéroport de Paris-Orly

3.5.2.2. DESCRIPTION ET REPARTITION SPATIALE DE L'INDICE DE DEFAVEUR SOCIALE

Le tableau 24 montre les statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale. Elle varie de +2,29 à 3,44 en 2007 et de -2,39 à 3,71 en 2011, selon l'IRIS.

		2007	**2011**
Quintiles	Q1	<-0,88	<-0,88
	Q2	[-0,88;-0,39[	[-0,88; -0,38[
	Q3	[-0,39;0,16[	[-0,38 ; 0,14[
	Q4	[0,16;0,85[	[0,14; 0,89[
	Q5	>ou=0,85	>ou=0,89
Moyenne		0	0
Ecart-type		1	1
Min		-2,29	-2,39
Max		3,44	3,71
N		865	865

Tableau 24: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

La répartition spatiale du quintile de l'indice de défaveur sociale (figure 22) montre une mauvaise position des IRIS très urbanisés : l'est du département du Val-de-Marne et le centre de l'Essonne (voir annexes 4.1 pour les autres indicateurs composant l'indice).

Au sein de la zone III du PGS, les IRIS qui comptent le plus de population défavorisée (quintile 5) se trouvent principalement dans le département du Val-de-Marne. On note par exemple certains IRIS de Villeneuve-Le-Roi (Bord de l'eau et zone industrielle, etc.), de Villeneuve-Saint-Georges (Hôtel de Ville, Gustave Faubert, etc.) ou de Valenton ((Vignes, Coteau, etc.). Les communes de Paray-Vieille-Poste (Aéroport d'Orly) et de Chilly-Mazarin (Zone industrielle) avec des IRIS à valeur élevée ressortent également dans le département de l'Essonne.

PARIS-ORLY

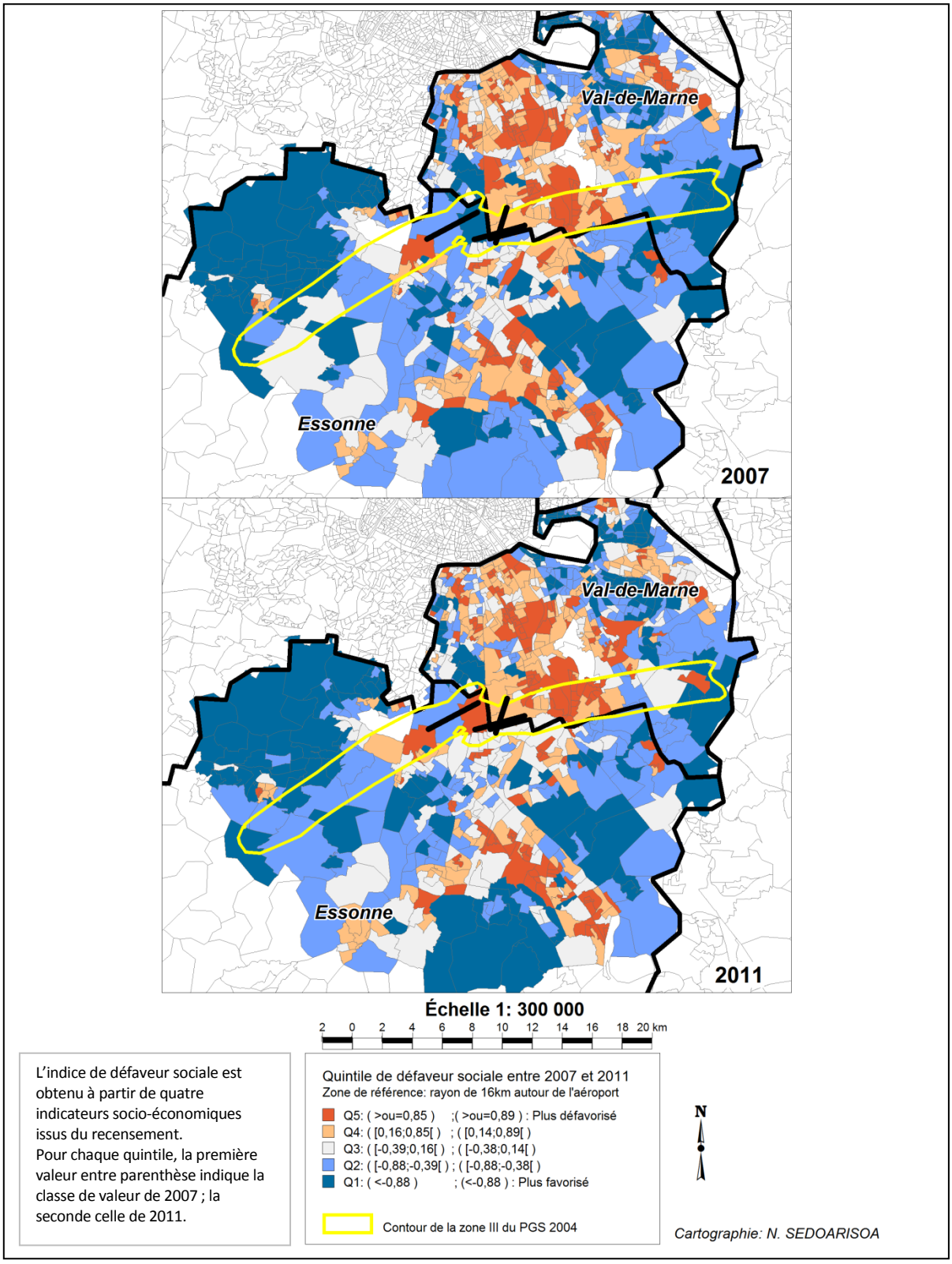


Figure 21: Distribution spatiale de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

3.5.2.3. INEGALITE SOCIALE ET EXPOSITION AU BRUIT DES AVIONS

Au niveau de l'ensemble de la zone d'étude, les trois indicateurs d'inégalité utilisés, à savoir le rapport du cinquième au premier quintile de défaveur sociale et TDQI, indiquent qu'il existe une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions. Les valeurs de ces indicateurs sont présentées dans les tableaux 28 et 29.

Dans la zone III du PGS, le pourcentage le plus élevé concerne le quintile le plus défavorisé (Q5) et le moins élevé, le quintile le plus favorisé (Q1) (tableau 25 et figure 23). Dans cette zone, la proportion de population du quintile le plus défavorisée (Q5) représentait deux fois celle du quintile le plu aisé (Q1). En 2011, ce rapport est de 2,8 fois, ce qui montre que les inégalités d'exposition se sont accrues entre les deux groupes, au détriment des plus défavorisés.

Cette situation est confirmée par le TDQI, qui montre qu'en 2011, le rapport entre la proportion de population la plus défavorisée dans la zone III du PGS et celle dans la zone non exposée au bruit s'est un peu plus éloigné de la situation égalitaire. En passant de 1,4 en 2007 à 1,8 en 2011, le TDQI révèle que les inégalités entre zones exposée et non exposée au bruit se creusent (tableau 23)

Situation également confirmée par les CERI. En 2007, les populations les plus défavorisées sont 44% plus susceptibles d'être exposées au bruit que le reste de la population. En 2011, cette probabilité que la population défavorisée soit exposée au bruit augmente à 102%.

Lorsque les données sont analysées séparément selon le département, les résultats sont différents. Dans le cas du département de Val-de-Marne, l'association entre défaveur sociale et exposition au des bruit des avions est toujours observée, en 2007 comme en 2011. De plus, l'inégalité environnementale y est plus accentuée. Les trois indicateurs affichent en effet des valeurs plus élevées pour ce département que pour l'ensemble de la zone d'étude. Pour ce département, le rapport Q5/Q1 atteint presque cinq fois (4,8) en 2007 et presque sept fois (6,5) en 2011. Les TDQI indiquent qu'il il y a environ deux fois plus de population très défavorisé dans la zone III du PGS par rapport à la zone non exposée au bruit, en 2007 et environ trois fois plus en 2011 (2,7). Les populations appartenant au quintile le plus défavorisé sont 163% et 261% plus susceptibles d'être situées dans la zone III du PGS que le reste de la population, respectivement en 2007 et en 2011. Cependant, dans l'Essonne, au sein de la zone C du PEB, le groupe le plus défavorisée est le moins représentée. Le tableau 27 et la figure 25 nous montrent

que ce groupe (Q5) représente seulement 1 % de la population. Néanmoins, le groupe de population défavorisée (Q4) est le plus représenté (environ 37%). Le rapport Q5/Q1 est de 0,05 fois, ce qui signifie qu'il y a moins de population très défavorisée que de population très aisée dans la zone III du PGS. Les valeurs du TDQI sont de 0,04 indiquant également que dans cette zone, le pourcentage de population défavorisée est très faible par rapport à son pourcentage dans la zone non exposée. Les valeurs du CERI indiquent également que les populations les plus défavorisées sont moins susceptibles que les autres d'être située dans la zone III du PGS.

Ensemble								
	2007				**2011**			
	Effect if		**Percentages**		**Effect if**		**Percentages**	
I	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS
Q1	408173	14976	20%	12%	409169	14136	19%	11%
Q2	446105	19980	21%	16%	475693	21507	22%	17%
Q3	432072	29610	21%	24%	415159	30011	20%	24%
Q4	417659	28089	20%	23%	446499	21766	21%	17%
Q5	378331	30270	18%	25%	368961	39302	17%	31%
Total	2082339	122925	100%	100%	2115481	126721	100%	100%

Tableau 25: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'ensemble de la zone d'étude.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Val-de-Marne								
	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS
Q1	240428	6157	21%	8%	247952	5579	21%	7%
Q2	248328	7593	21%	10%	258289	7860	22%	10%
Q3	225718	17591	19%	22%	221699	19520	19%	24%
Q4	251704	18677	22%	23%	267888	13209	23%	16%
Q5	199478	29614	17%	37%	191445	36403	16%	44%
Total	1165655	79631	100%	100%	1187273	82571	100%	100%

Tableau 26: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas du Val-d'Oise.

Source : INSEE, Résultats des recensements2007 et 2011

Essonne								
	2007				2011			
	Effect if		Percentages		Effect if		Percentages	
Qi	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS	Hors-PGS	PGS
Q1	161254	8819	18%	20%	159786	6605	17%	15%
Q2	204851	9734	22%	22%	211134	14607	23%	33%
Q3	177003	8026	19%	19%	187240	6182	20%	14%
Q4	175956	16301	19%	38%	174611	16392	19%	37%
Q5	197620	414	22%	1%	195435	362	21%	1%
Total	916684	43294	100%	100%	928207	44150	100%	100%

Tableau 27: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'Essonne.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

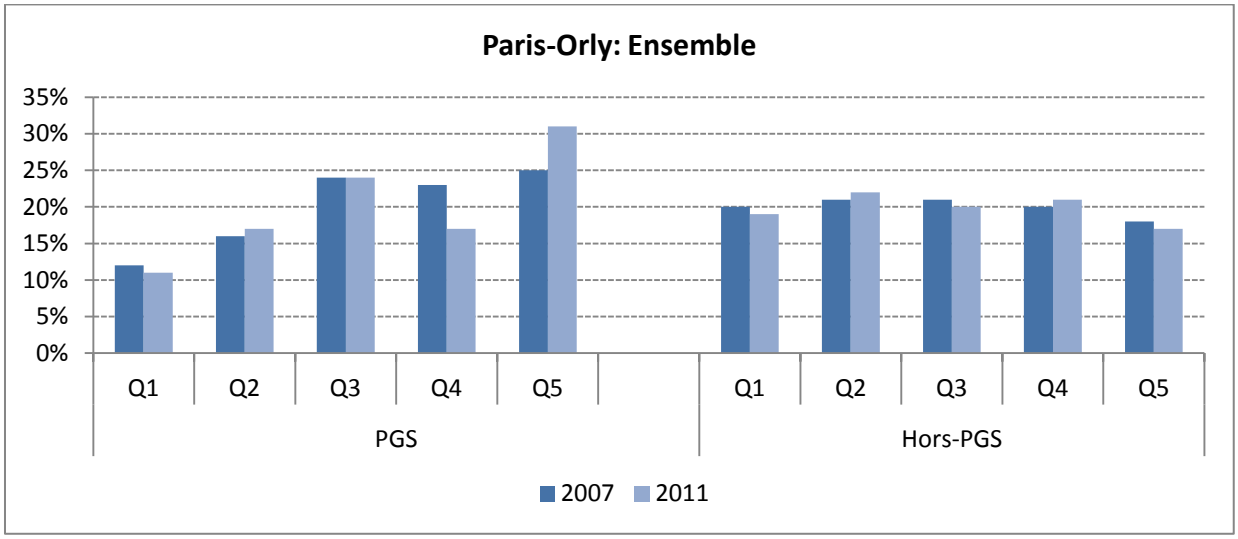


Figure 22: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'ensemble de la zone d'étude.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

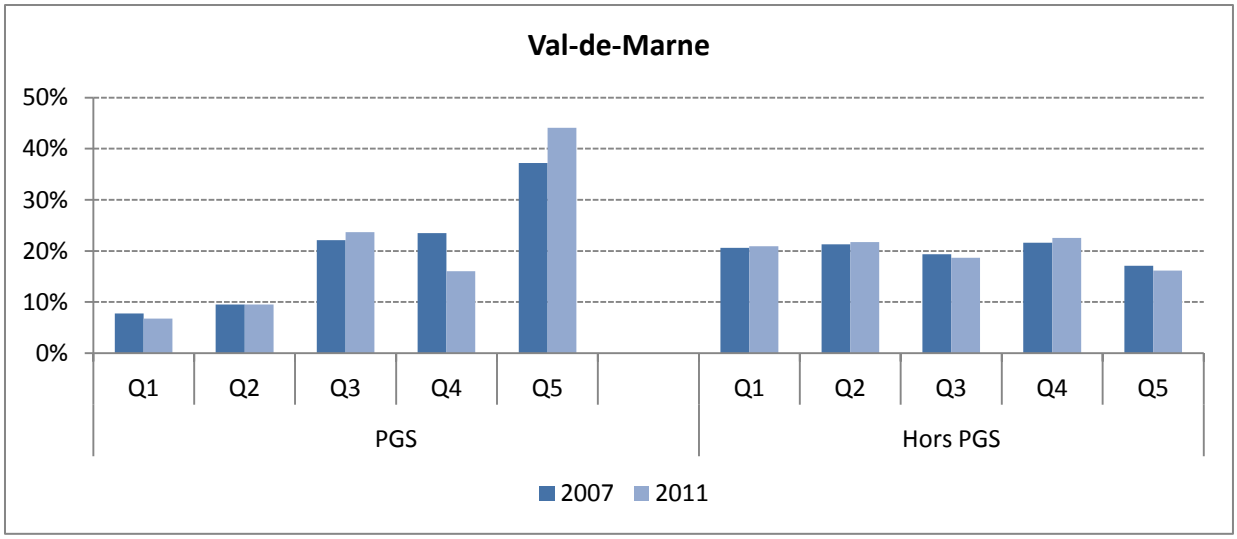


Figure 23: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas du Val-de-Marne.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

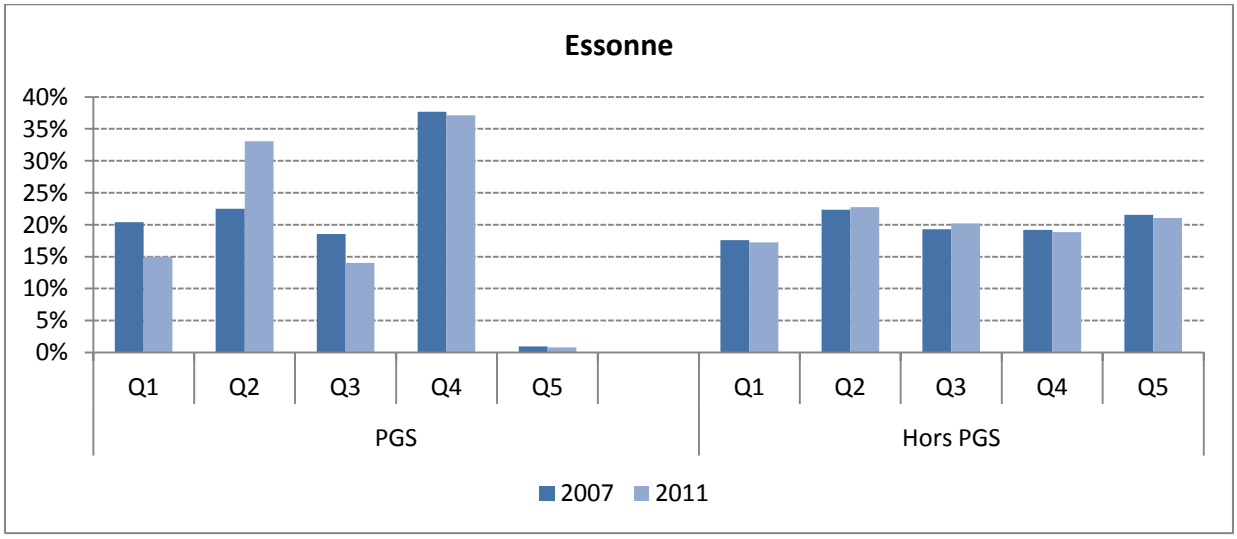


Figure 24: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'Essonne.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Zone d'étude	Rapport Q5/Q1		TDQI	
	2007	2011	2007	2011
Ensemble	2,02	2,78	1,36	1,78
Val de Marne	4,81	6,52	2,17	2,73
Essonne	0,05	0,05	0,04	0,04

Tableau 28: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, selon la zone d'étude: cas de Paris-Orly.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Quintile	Ensemble		Val-de-Marne		Essonne	
	2007	2011	2007	2011	2007	2011
Q1	0,58	0,54	0,34	0,29	1,19	0,85
Q1 et Q2	0,59	0,56	0,31	0,28	1,12	1,37
Q3	1,20	1,25	1,17	1,32	0,95	0,66
Q4 et Q5	1,43	1,45	2,30	2,25	0,92	0,93
Q5	1,44	2,02	2,63	3,61	0,04	0,03

Tableau 29 : Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

3.5.2.4. EVOLUTION SPATIALE DE L'INEGALITE

La comparaison des valeurs de l'indice défaveur sociale en 2007 et 2011, permet de distinguer différentes situations (figure 26).

La majorité des IRIS de l'ensemble de la zone d'étude (85%) n'ont pas connu de changement. Dans la zone III du PGS, les évolutions constatées sont les suivantes:

- **Grandement détériorée (2 IRIS)** : Bois de Notre-Dame (Marolles en Brie, Val-de-Marne), et Aéroport d'Orly (Paray Vieille Poste, Essonne). Remarquons que ce sont les seuls IRIS de l'ensemble de la zone d'étude qui ont connu un tel changement.
- **Légèrement détérioré** : Champlan et Domaine du Château (Chilly Mazarin, Essonne).
- **Pas de changement** : la plupart des IRIS, y compris tous les IRIS très défavorisés (Q5)
- **Détérioré :** Bois clary (Boissy Saint-Léger, Val de Marne), Athis Mons (Aéroport de Paris-Orly, Essonne)
- **Légèrement amélioré:** Villejuste et Marcousis (Ouest), dans l'Essonne.

AEROPORT DE PARIS-ORLY

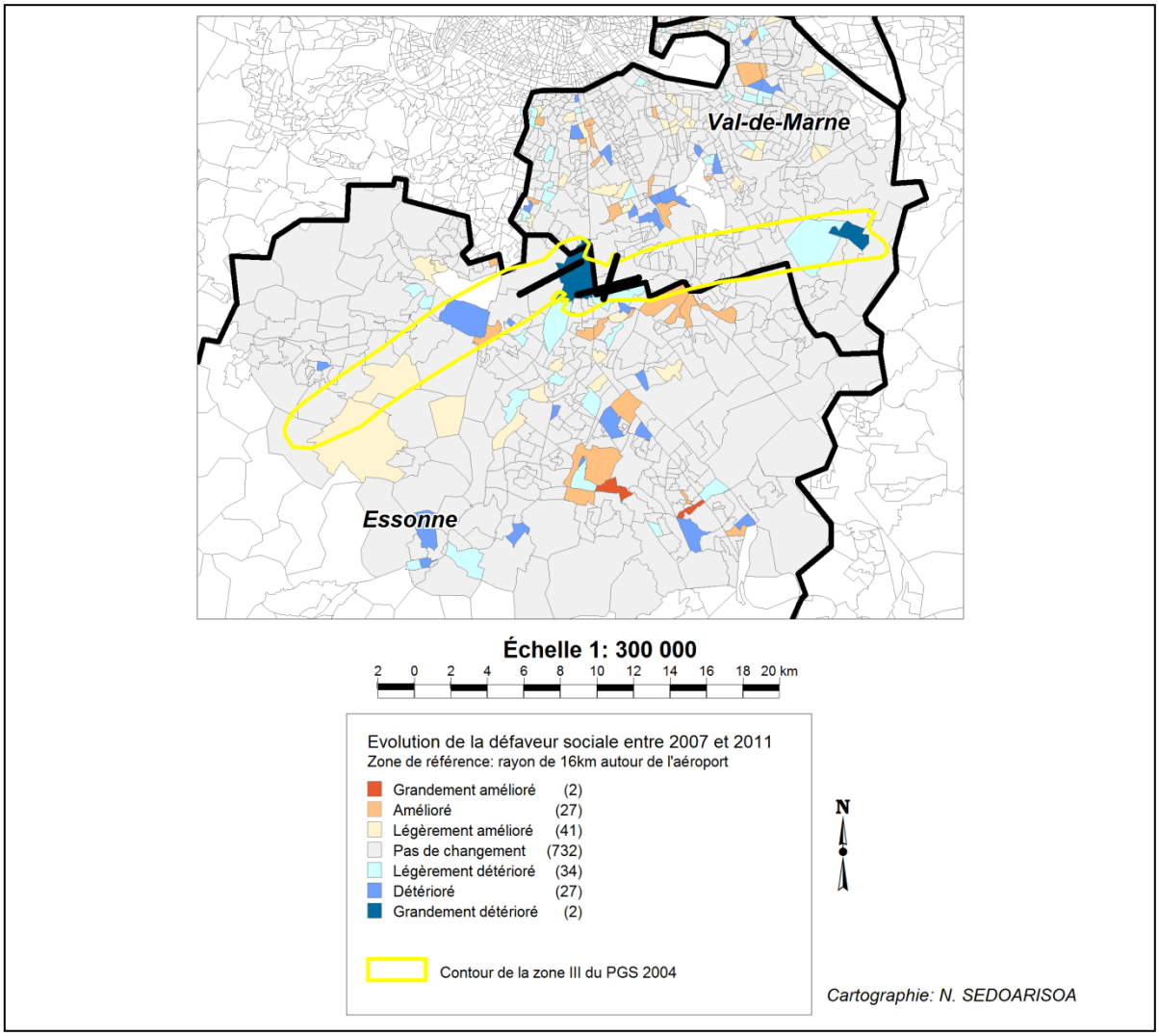


Figure 25: Evolution spatiale de la défavorisation sociale entre 2007 et 2011

3.5.3. Cas de Toulouse-Blagnac

3.5.3.1. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

L'étude porte sur un rayon de 16 km autour de l'aéroport de Toulouse-Blagnac (figure 27). Comme le montre le tableau 30, cette zone contient 304 IRIS, dont 32 situés en totalité ou en partie dans la zone C du PEB.

La zone d'étude couvre une superficie totale de 782 km², dont 38 km² (4,9%) comprise dans la zone C du PEB. Elle compte plus de huit cent mille habitants. La population située dans la zone C représente 6 % (48436 habitants en 2011) (tableau 25).). Cependant, en termes

d'évolution, cette population a baissé d'environ 1% (-0,9%) entre 2007 et 2077, contrairement à celle dans la zone non exposée qui a connu une augmentation d'environ 3% pour la même période.

La zone est caractérisée par une espace urbanisée : presque la totalité de l'unité urbaine de Toulouse. Elle est caractérisée majoritairement par des IRIS de petite surface avec une densité élevée mais plus faible qu'à Paris (1049 habitants/km², 1273 habitants/km² dans la zone de bruit, en 2011) (figure 27).

		Haute-Garonne	
		Total	**%**
Population 2007	Hors zone C	751240	93,9%
	Zone C	48877	6,1%
	Total	800117	100,0%
Population 2011	Hors zone C	772259	94,1%
	zone C	48436	5,9%
	Total	820695	100,0%
Surface	Hors zone C	744	95,1%
	zone C	38	4,9%
	Total l	782	100,0%
Nombre d'IRIS	Hors zone C	294	87,5%
	zone C	42	12,5%
	Total	300*	100,0%

Tableau 30: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

AEROPORT DE TOULOUSE-BLAGNAC

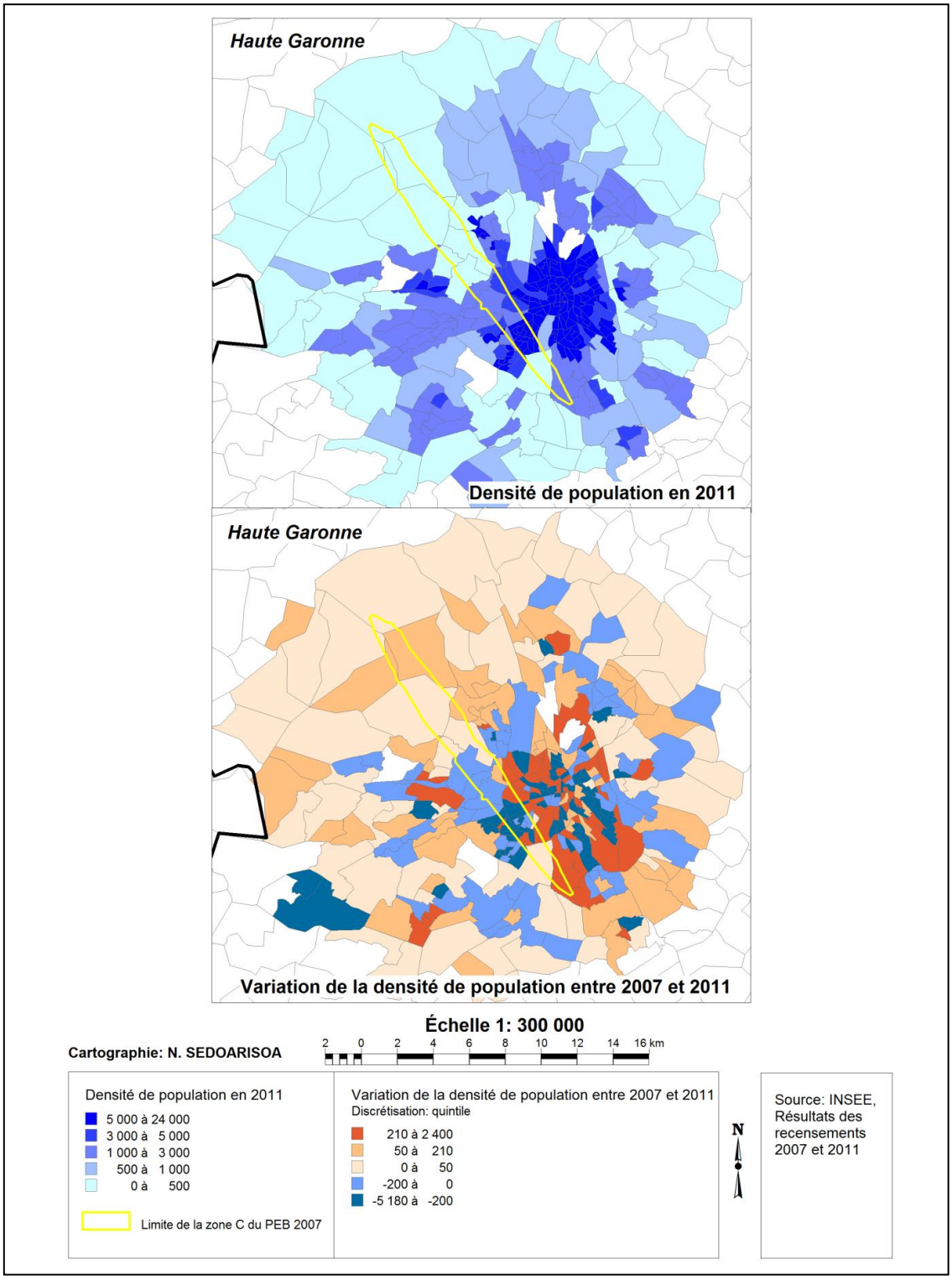


Figure 26: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

3.5.3.2. Description et répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale

Le tableau 31 montre les statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale. Elle varie de +2,29 à 3,44 en 2007 et de -2,39 à 3,71 en 2011.

		2007	**2011**
Quintiles	Q1	<-0,64	<-0,71
	Q2	[-0,64 ;-0,31[	[-0,71 ;-0,31[
	Q3	[-0,31 ; 0,00[	[-0,31 ; 0,00[
	Q4	[0,00 ;0,47[	[0,00 ; 0,48 [
	Q5	>ou= 0,47	>ou=0,48
Moyenne		0	0
Ecart-type		1	1
Min		-2,43	-2,25
Max		4,29	4,09
N		300	300

Tableau 31: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011

La distribution géographique de l'indice de défaveur sociale révèle une mauvaise position des IRIS très urbanisées de la commune de Toulouse (figure 28; voir l'annexe 5 pour les autres indicateurs constituant l'indice de défaveur sociale).

Au sein de la zone C du PEB, les IRIS qui comptent le plus de population la plus défavorisée (Q5) se trouvent principalement dans la commune de Toulouse. Citons par exemple: Loire, Mermoz, Morvan, Bigorre, Touraine, etc.

AEROPORT DE TOULOUSE-BLAGNAC

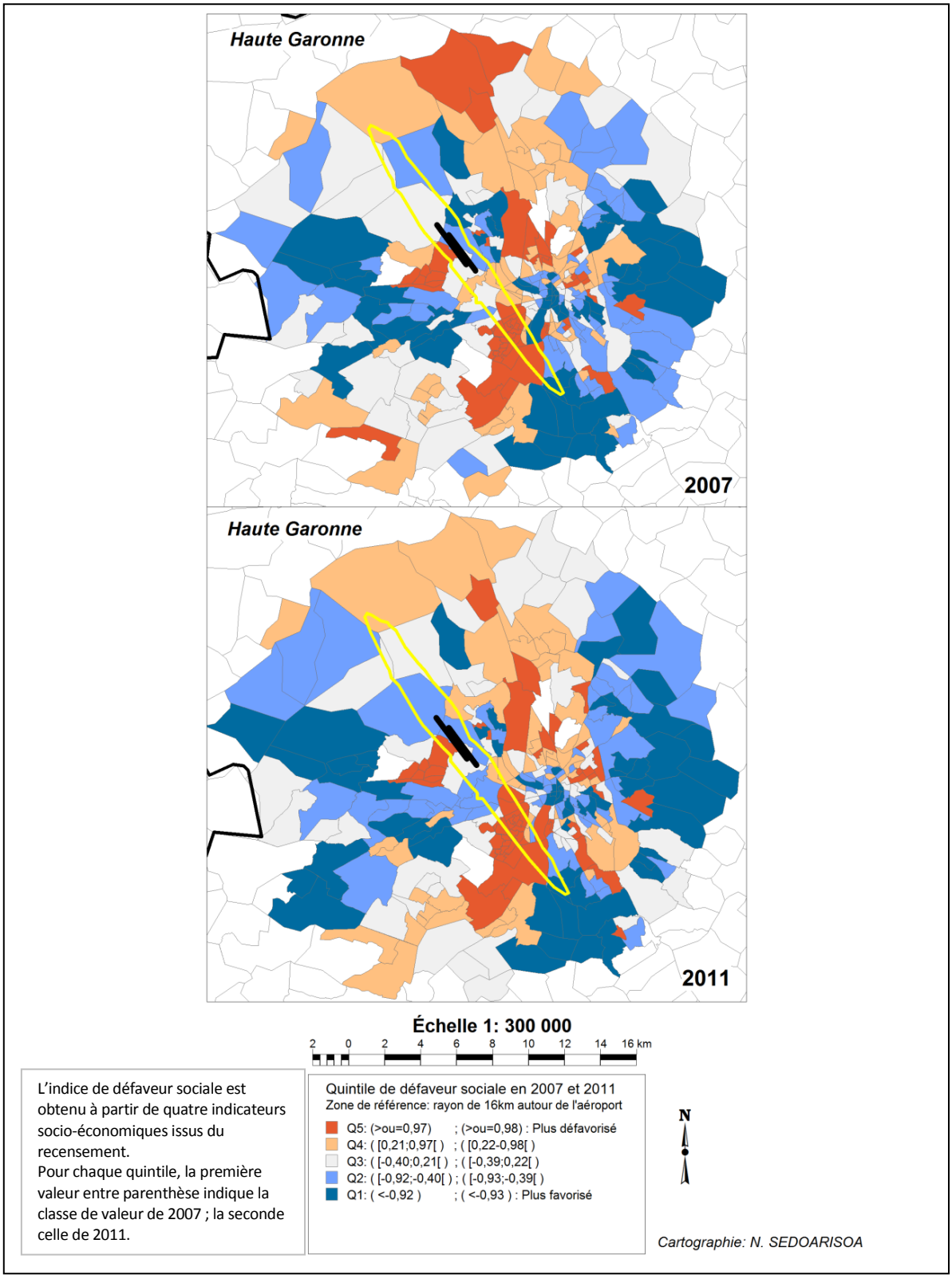


Figure 27: Distribution géographique de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

3.5.3.3. Inégalité sociale et exposition au bruit des avions

A Toulouse-Blagnac, les trois indicateurs d'inégalité utilisés, à savoir le rapport du cinquième au premier quintile de défaveur sociale et TDQI, indiquent également qu'il existe une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions (tableaux 33 et 34).

Dans la zone C du PEB, le pourcentage de population augmente en fonction du niveau de défavorisation : le quintile le plus représenté est celui le plus défavorisé (Q5) et le moins représenté, celui le plus aisé (Q1) (tableau 32 et figure 29). Dans cette zone, la proportion de population du quintile le plus défavorisé (Q5) représentait presque neuf fois(8,9) celle du quintile le plus aisé (Q1. En 2011, ce rapport atteint plus de 22 fois, ce qui montre que l'inégalité d'exposition au bruit s'accroit très fortement entre les groupes sociaux, au détriment des plus défavorisés (tableau 28). En effet, dans la zone C du PEB, le pourcentage de population du Q5 a augmenté de 51% en 2007 à 54% en 2011, alors que le pourcentage de population du quintile 1 a baissé de 6% en 2007 à 2% en 2011.

Cette situation est confirmé par le TDQI, qui montre qu'en 2011, le rapport entre la proportion de population la plus défavorisée dans la zone C du PEB et celle dans la zone non exposée au bruit s'est un peu plus éloigné de la situation égalitaire. En passant de 3,2 en 2007 à 3,5 en 2011, le TDQI révèle que les inégalités entre zones exposée et non exposée au bruit se creusent (tableau 28)

Les valeurs du CERI indiquent également une situation d'inégalité qui s'accentue au fil du temps. En 2007, les populations les plus défavorisées (Q5) sont de 36,6% plus susceptibles d'être exposées au bruit que le reste de la population. En 2011, elles sont de 45,3% plus susceptibles d'être exposées au bruit (tableau 29).

	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	132079	2787	18%	6%	137131	1186	18%	2%
Q2	154354	4092	21%	8%	156460	10080	20%	21%
Q3	172499	6636	23%	14%	185295	4361	24%	9%
Q4	172410	10573	23%	22%	173595	6414	22%	13%
Q5	119899	24789	16%	51%	119777	26396	16%	54%
Total	751240	48877	100%	100%	772259	48436	100%	100%

Tableau 32: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Toulouse-Blagnac.
Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

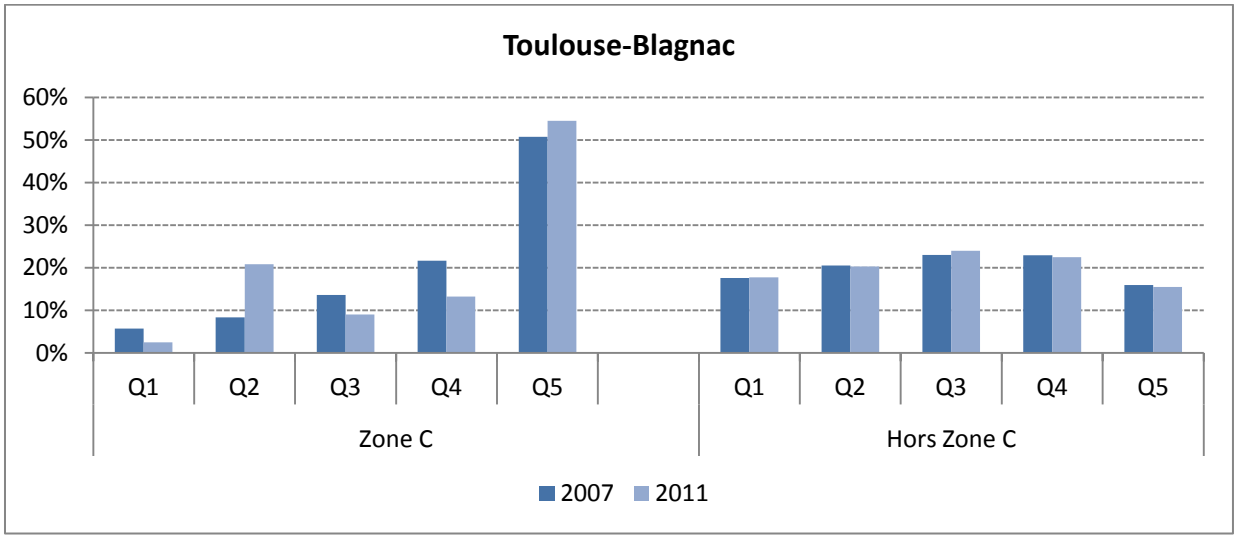


Figure 28 : Répartition de la population autour de Toulouse-Blagnac, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Zone d'étude	Rapport Q5/Q1		TDQI	
	2007	2011	2007	2011
Ensemble	8,90	22,25	3,18	3,51

Tableau 33: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, : cas de Toulouse-Blagnac.

Source : INSEE : Résultats des recensements 2007 et 201

Quintiles	2007	2011
CERI Quintiles 1	0,30	0,12
CERI Quintile 1 et 2	0,28	0,51
CERI Quintile 3	0,85	0,33
CERI Quintile 4 et 5	3,77	3,18
CERI Quintile5	4,66	5,53

Tableau 34: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Toulouse-Blagnac.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011.

3.5.3.4. Evolution spatiale de la défaveur sociale entre 2007 et 2011

La comparaison des valeurs de l'indice défaveur sociale en 2007 et 2011, permet de distinguer différentes situations (figure 30). La majorité des IRIS de l'ensemble de la zone d'étude (85%) n'ont pas connu de changement.

Dans la zone C du PEB, les évolutions constatées sont les suivantes:

- **Grandement détériorée** : Pinot (Blagnac), Ramier (Toulouse)
- **Pas de changement** : tous les IRIS très défavorisés de la commune de Toulouse
- **Légèrement améliorée** : Les Capelles (Toulouse), Cornebarrieu (Cornebarrieu), Daux (Daux)
- **Grandement améliorée** : Fleurance (Toulouse)

AEROPORT DE TOULOUSE-BLAGNAC

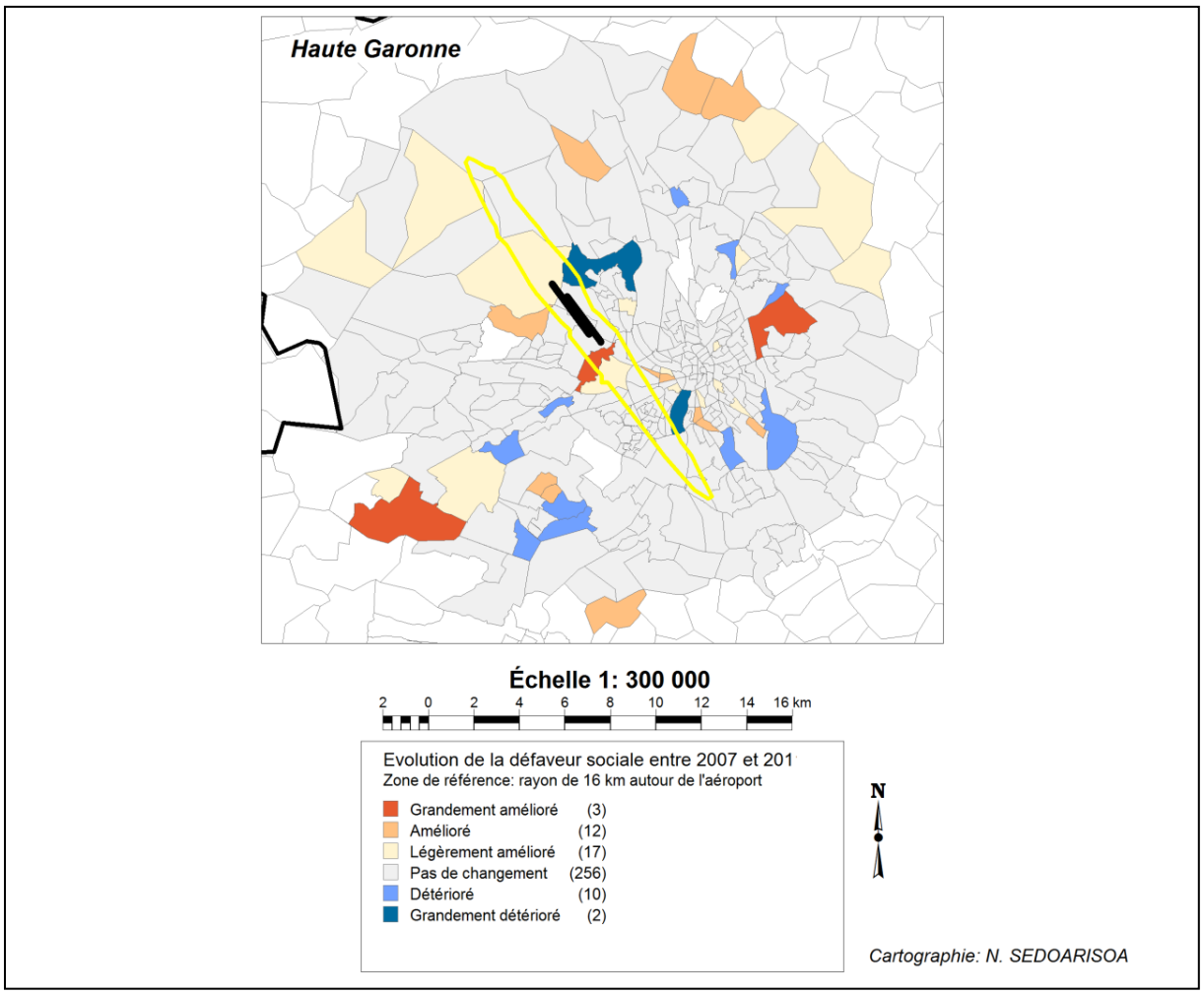


Figure 29: Evolution spatiale de la défavorisation sociale entre 2007 et 2011

3.5.4. Cas de Lyon Saint-Exupéry

3.5.4.1. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

Les chiffres commentés dans cette section sont reportés dans le tableau 35. L'étude porte sur un rayon de 25 km autour de l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry (figure 31). Cette zone

est constituée par trois départements : l'Ain, l'Isère et le Rhône. Elle comprend 509 IRIS, parmi lesquels 22 IRIS sont situés en totalité ou en partie dans la zone C du PEB.

La zone d'étude couvre une superficie totale de 1412 km² dont 82 km² (5,7 %) comprise dans la zone C du PEB. Le département le plus concerné par la zone C est le Rhône, avec une superficie de 53 km² (65%), suivi de l'Isère (25 km², 31%) et de l'Ain (4 km², 5%).

La zone d'étude est constituée par plus d'un million d'habitants. La zone C ne contient que 1,7% de cette population (19 956 habitants en 2011). Elles sont réparties comme suit selon les départements : 517 habitants (3%) dans l'Ain, 6250 (31%) dans l'Isère et 13189 (66%) dans le Rhône. Entre 2007 et 2011, cette zone a connu une évolution de la population (+3,8%), qui est très légèrement inférieure à celle de la zone non exposée (+4,2%).

La zone s'étend à la fois sur une zone très urbanisée, constituée essentiellement par l'unité urbaine de Lyon, à l'ouest, et par des zones rurales dans la zone C du PEB et à l'est. La première est caractérisée par des IRIS de petite taille et une densité élevée (2889 habitants/km² en 2011 et 249 habitants/km² dans le PEB). Par contre, l'Ain et l'Isère se caractérisent par la prédominance des IRIS divers, qui ont peu d'habitants mais une superficie importante, constituée principalement de terres arables, de zones agricoles ou de forêts, avec une densité de seulement 181 habitants/km² (142 habitants/km² dans la zone de bruit) dans l'Ain et 242 habitants/km² (254 dans la zone de bruit) dans l'Isère.

		Ain		**Isère**		**Rhône**		**Total**	
		Total	**%**	**Total**	**%**	**Total**	**%**	**Total**	**%**
Pop. 2007	Hors zone C	54736	99,1%	133506	95,6%	954588	98,7%	1142830	98,3%
	Zone C	511	0,9%	6201	4,4%	12508	1,3%	19220	1,7%
	Total	**55247**	**100,0%**	**139707**	**100,0%**	**967096**	**100,0%**	**1162050**	**100,0%**
Pop. 2011	Hors zone C	57240	99,1%	140104	95,7%	993719	98,7%	1191063	98,4%
	zone C	517	0,9%	6250	4,3%	13189	1,3%	19956	1,6%
	Total	**57757**	**100,0%**	**146353**	**100,0%**	**1006909**	**100,0%**	**1211019**	**100,0%**
Surf. (km²)	Hors zone C	315	98,9%	578	95,9%	429	89,0%	1331	94,3%
	zone C	4	1,1%	25	4,1%	53	11,0%	81	5,7%
	Total	**319**	**100,0%**	**603**	**100,0%**	**482**	**100,0%**	**1412**	**100,0%**
Nnbr. IRIS	Hors zone C	26	92,9%	68	88,3%	393	97,3%	492	95,7%
	zone C	2	7,1%	9	11,7%	11	2,7%	22	4,3%
	Total	**26**	**0,0%**	**69**	**100,0%**	**393**	**100,0%**	**487**	**100,0%**

Tableau 35: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés en 2007 et 2011.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011.

AEROPORT DE LYON-SAINT-EXUPERY

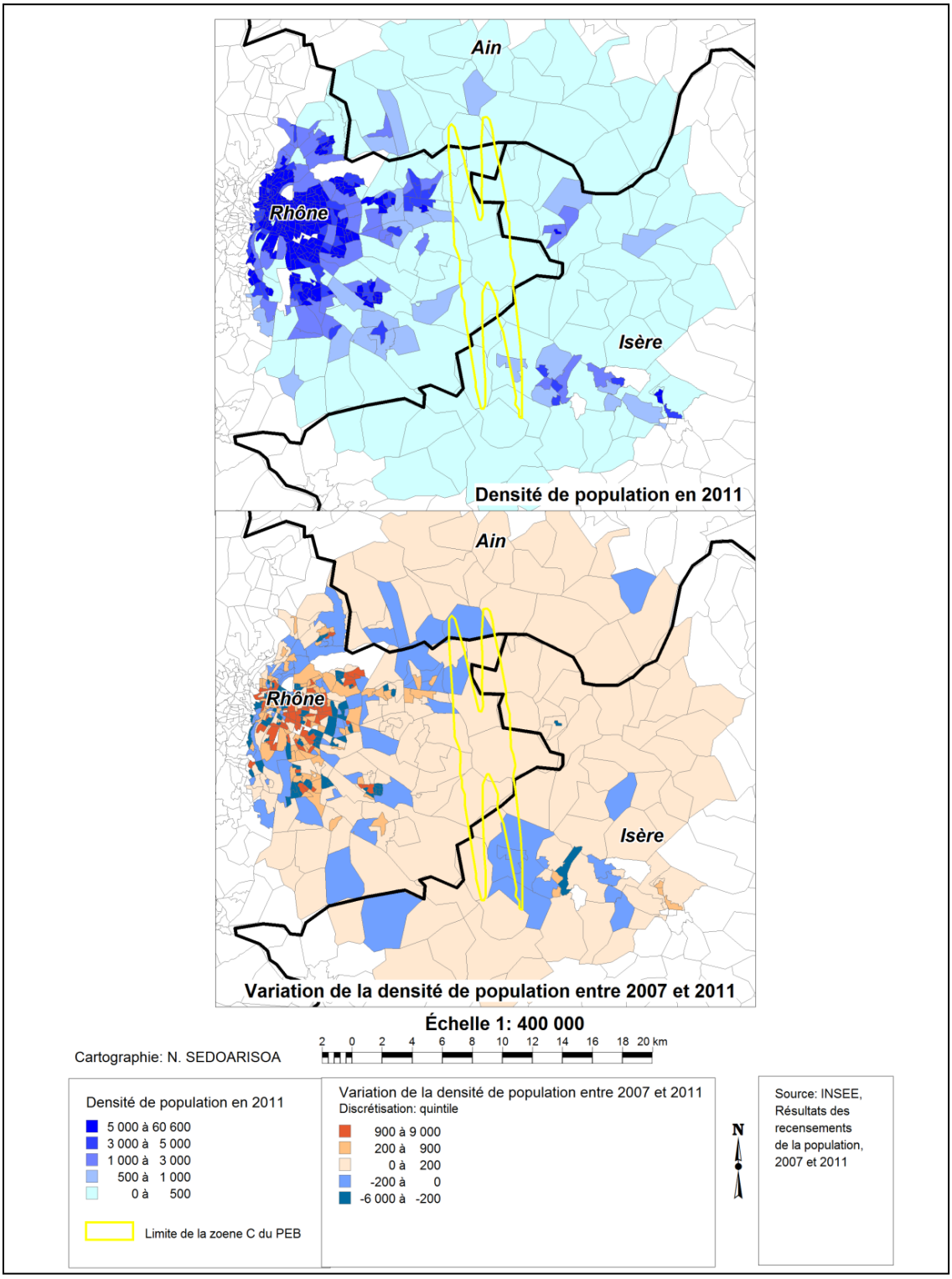


Figure 30: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry

3.5.4.2. DESCRIPTION ET REPARTITION SPATIALE DE L'INDICE DE DEFAVEUR SOCIALE

Le tableau 36 montre les statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale. Elle varie de -2,4 à 5,04 en 2007 et de -2,09 à 2,90 en 2011.

		2007	**2011**
Quintiles	Q1	<-0,78	<-0,79
	Q2	[-0,78;-0,41[	[-0,79;-0,44[
	Q3	[-0,41;-0,6[	[-0,44;-0,01[
	Q4	[-0,6;0,84[	[-0,01;0,83[
	Q5	>ou=0,84	>ou=0,83
Moyenne		0	0
Ecart-type		1	1
Min		-2,4	-2,09
Max		5,04	2,90
N		487	487

Tableau 36: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011

La répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale (et des quatre autres indicateurs qui le constituent, voir annexe 6.1) montre une mauvaise position des IRIS très urbanisés autour de la commune de Lyon (figure 23).

Au sein de la zone C du PEB, aucun IRIS n'appartient au groupe le plus défavorisé (Q5). On note cependant que les communes suivantes : Colombier-Saigneu (département du Rhône) et des IRIS de la commune de Saint-Quentin-Fallavier (département de l'Isère) appartiennent au groupe défavorisé (Q 4).

AEROPORT DE LYON-SAINT-EXUPERY

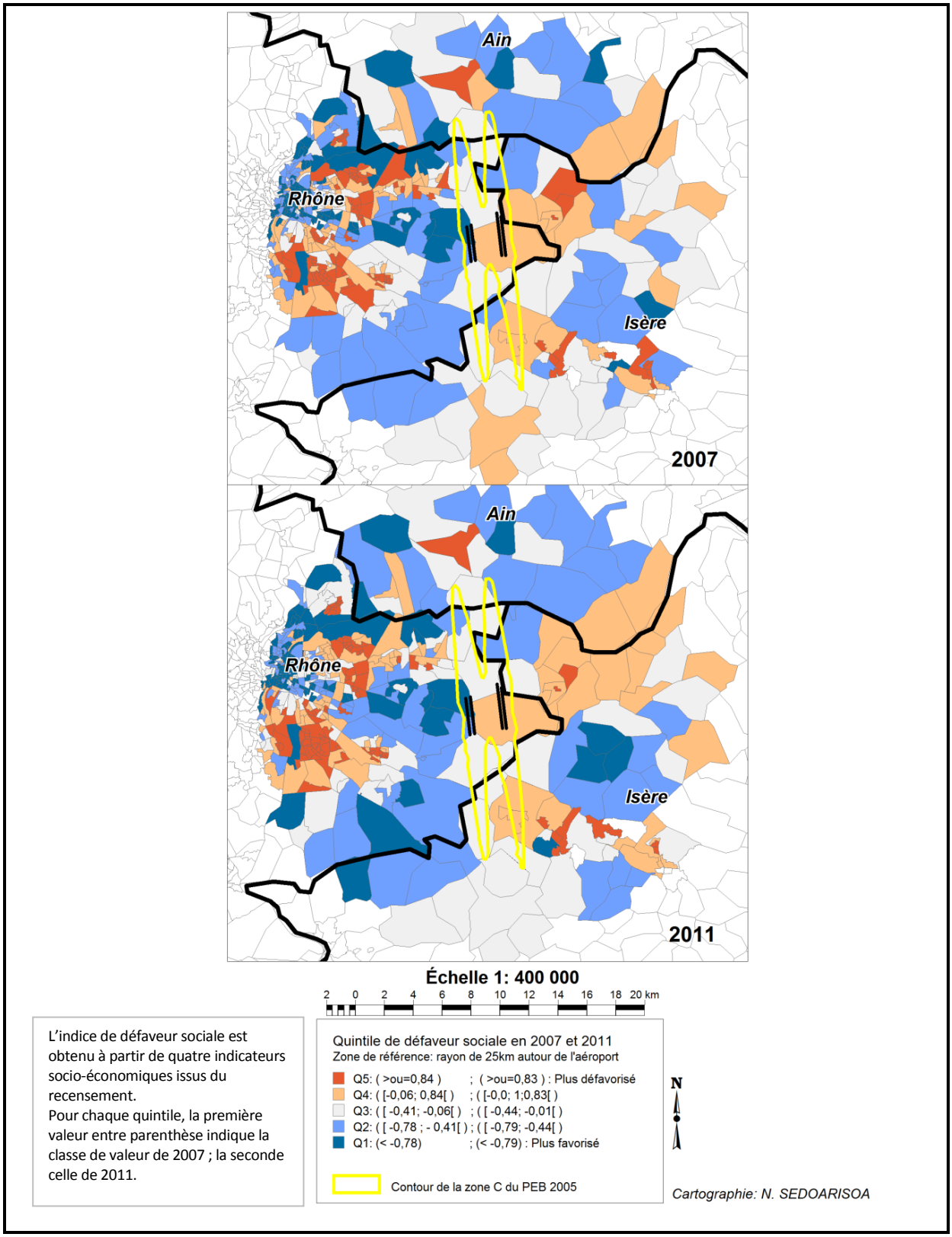


Figure 31: Distribution géographique de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011

3.5.4.3. Inégalité sociale et exposition au bruit des avions

Globalement, au sein de la zone C du PEB, le quintile le plus représenté est celui correspondant à la classe moyenne (Q3) (tableau 37 et figure 33). Ce quintile représente 57% de la population en 2007 et 61% en 2011. On trouve en deuxième position, le quintile défavorisé Q4, qui représente environ 20% de la population.

Les valeurs des indicateurs : le rapport Q5/Q1 et le TDQI sont nulles car, au sein de la zone C, aucune population n'appartient au groupe le plus défavorisé (Q5). De même que les valeurs du CERI pour le groupe le plus défavorisé (tableau 41).

Les analyses par département convergent vers les mêmes résultats que l'analyse globale (tableaux 38, 39, 40 et 41 et figures 34,. 35 et 36).

Ensemble								
	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	219960	1096	19%	6%	219334	1212	18%	6%
Q2	222595	3174	19%	17%	236577	2839	20%	14%
Q3	223868	10867	20%	57%	250263	12145	21%	61%
Q4	247963	4083	22%	21%	258413	3761	22%	19%
Q5	228444	0	20%	0%	226474	0	19%	0%
Total	1142830	19220	100%	100%	1191063	19956	100%	100%

Tableau 37: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'ensemble de la zone d'étude.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Ain								
	2007				**2011**			
	Effectif		**Pourcentage**		**Effectif**		**Pourcentage**	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	6602	0	0	0	6468	0	11%	0%
Q2	10122	110	18%	21%	9701	0	17%	0%
Q3	3624	0	7%	0%	11498	117	20%	23%
Q4	19727	402	36%	79%	14207	401	25%	77%
Q5	14661	0	27%	0%	15365	0	27%	0%
Total	54736	511	100%	100%	57240	517	100%	100%

Tableau 38 : Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'Ain.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Isère								
	2007				2011			
	Effectif		Pourcentage		Effectif		Pourcentage	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	19267	0	16%	0%	23034	904	16%	14%
Q2	20923	1734	17%	28%	22267	941	16%	15%
Q3	21181	1639	17%	26%	17602	2028	13%	32%
Q4	30162	2828	25%	46%	34424	1705	25%	27%
Q5	41973	0	34%	0%	42775	671	31%	11%
Total	133506	6201	109%	100%	140104	6250	100%	100%

Tableau 39: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'Isère.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

Rhône								
	2007				2011			
	Effectif		Pourcentage		Effectif		Pourcentage	
Qi	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB	Hors-PEB	PEB
Q1	168647	1096	18%	9%	189876	1212	19%	9%
Q2	224242	1738	23%	14%	208268	1817	21%	14%
Q3	182940	8419	19%	67%	206598	8776	21%	67%
Q4	201344	1255	21%	10%	208639	1384	21%	10%
Q5	177416	0	19%	0%	180339	0	18%	0%
Total	954588	12508	100%	100%	993719	13189	100%	100%

Tableau 40: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de du Rhône.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

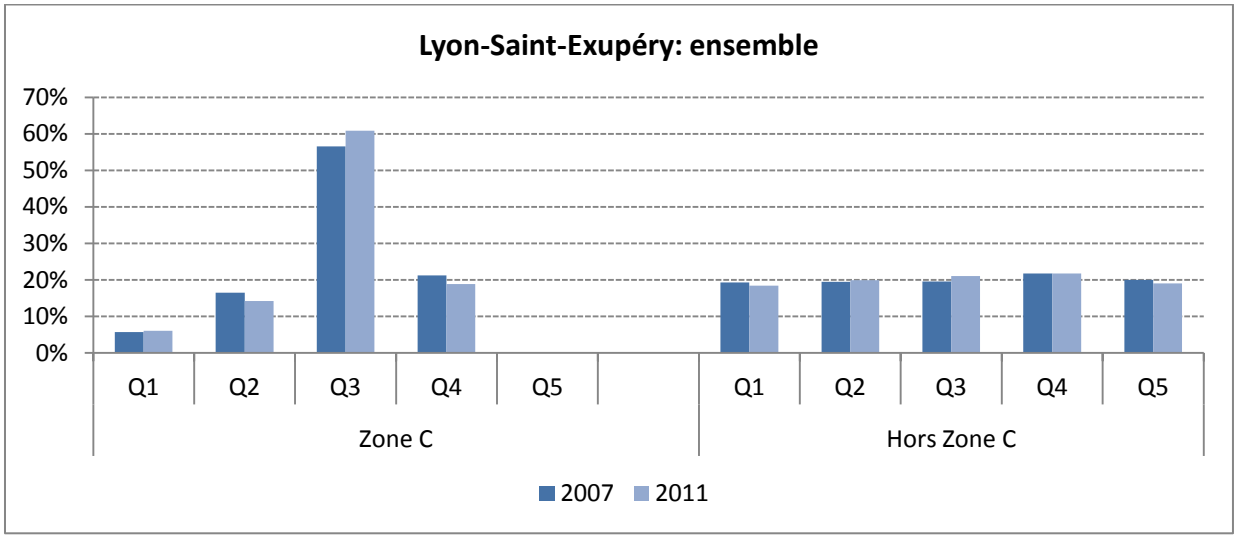


Figure 32: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

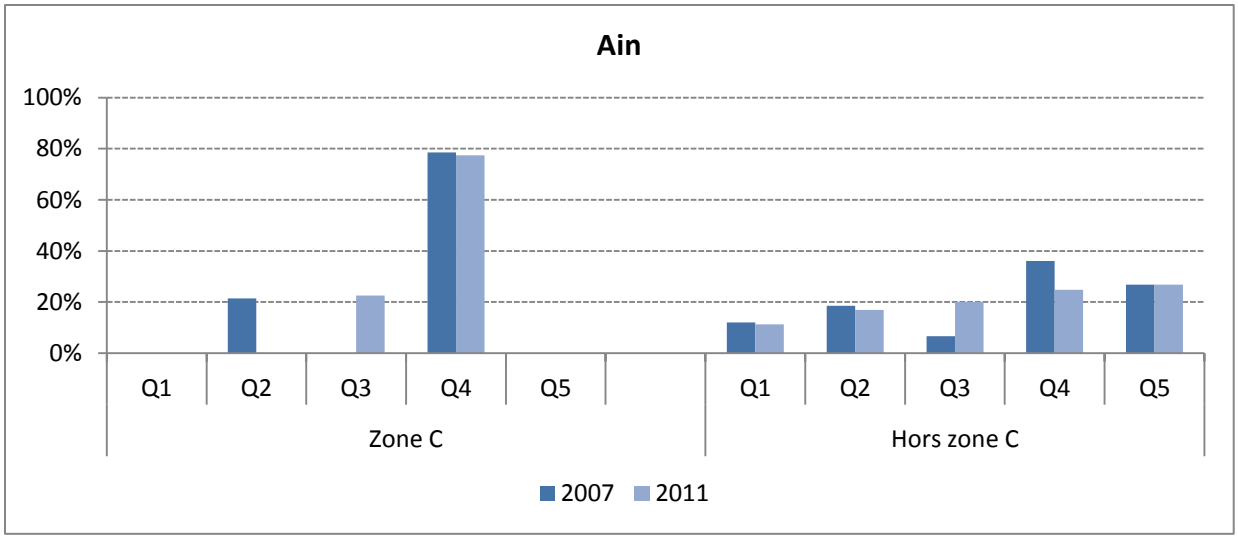


Figure 33: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : de l'Ain.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

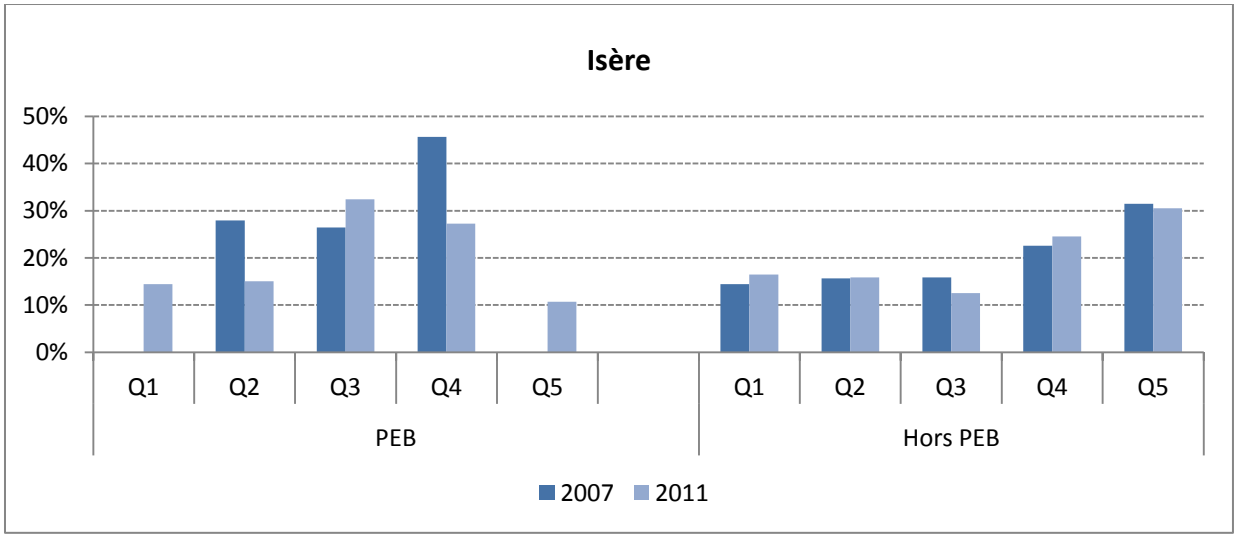


Figure 34: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : de l'Isère.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

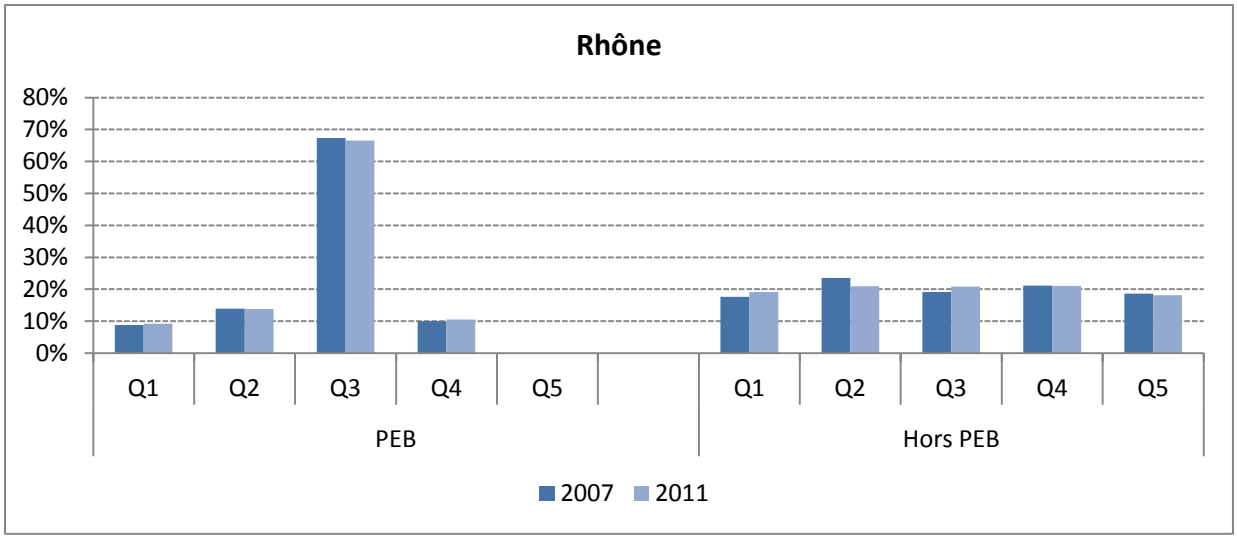


Figure 35: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas du Rhône.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011

	Ensemble		Ain		Isère		Rhône	
	2007	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**
CERI Q1	0,26	0,29	0,00	0,00	0,00	0,87	0,45	0,43
CERI Q1 et Q2	0,46	0,42	0,62	0,00	0,91	0,88	0,42	0,45
CERI Q3	5,14	5,62	0,00	1,16	1,84	3,10	8,35	7,31
CERI Q4 et Q5	0,38	0,34	2,15	3,18	0,72	0,51	0,17	0,19
CERI Q5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00

Tableau 41: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Lyon-Saint-Exupéry.

Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011.

3.5.1.4. Evolution spatiale de la défavorisation sociale

La comparaison des valeurs de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 montre que, dans la zone C du PEB, les situations de tous les IRIS sont restées stables (figure 25).

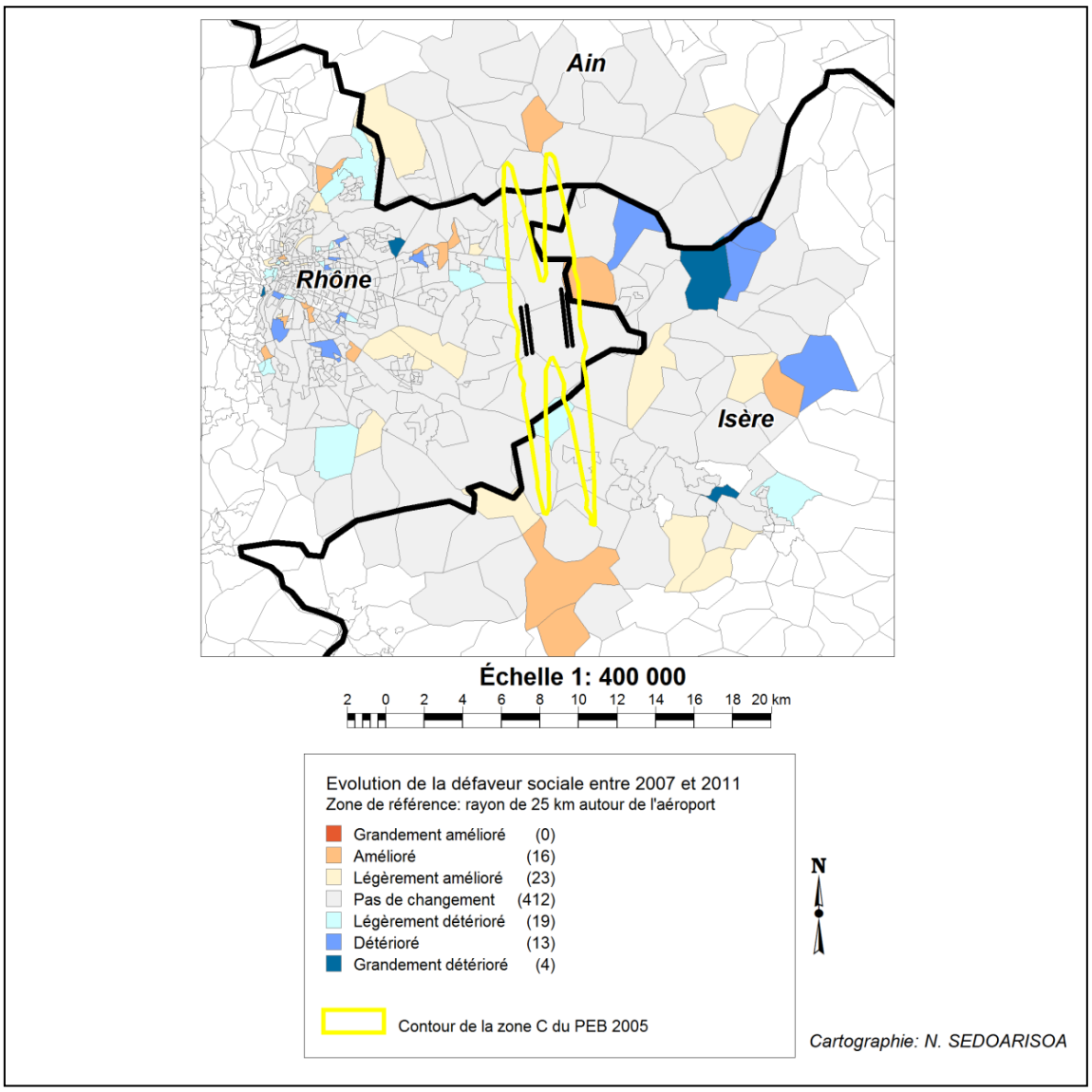


Figure 36: Evolution spatiale de la défavorisation sociale, entre 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry

3.6. Discussion, conclusion et nouvelles pistes à creuser

Ce chapitre était destiné à décrire les différences spatiales de situation socioéconomique face à l'exposition au bruit des avions autour de quatre principaux aéroports français, à partir des données du recensement 2007 et 2011. Il s'est intéressé spécifiquement à la géographie et à l'évolution de la défaveur sociale au sein des zones de bruit entre les deux dates, afin de vérifier les deux premières hypothèses posées au début de recherche.

Résumé des principaux résultats

Les tableaux 42 comparent les principaux résultats obtenus sur les quatre aéroports.

Si l'on résume en quelques phrases les principaux résultats, on pourrait retenir quatre points centraux :

A Paris-CDG, Paris-Orly et Toulouse-Blagnac :

- Dans la zone exposée au bruit, le nombre d'habitant augmente avec le niveau de défaveur social.
- La part des populations très défavorisées (Q5) dans la zone de bruit s'accroît (ou diminue très légèrement) au fil du temps ; à contrario, la part des populations très aisées (Q1) diminue.
- Il existe ainsi une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions, traduite par le comportement des trois indicateurs utilisés (rapport Q5/Q1, TDQI et CERI). En termes de niveau, l'inégalité demeure plus importante à Toulouse-Blagnac par rapport Paris-Orly et à Paris-CDG (voir tableau 42). Même si l'on exclut les départements ruraux
- En termes d'évolution, à Paris-CDG, la situation se caractérise par une très légère amélioration des inégalités, entre 2007 et 2011. On y enregistre une légère réduction des inégalités, quel que soit l'indicateur utilisé. Inversement, à Paris-Orly et à Toulouse-Blagnac, la situation d'inégalité va en s'aggravant. La hausse des trois indicateurs dans ces deux zones d'études est caractéristique de l'accentuation des inégalités environnementales. La hausse la plus forte concerne l'aéroport de Toulouse-Blagnac.

- Cependant, lorsque les données sont désagrégées par département (cas de Paris-CDG et d'Orly), on s'aperçoit qu'au sein de la même zone d'étude, l'ampleur des disparités socioéconomiques varie selon les départements. Ainsi, l'inégalité environnementale n'est observée que lorsque la zone de bruit tombe sur des zones très urbanisées (cas du Val-d'Oise et Val-de-Marne). A l'inverse, les résultats sont mitigés lorsque la zone de bruit des avions tombe sur une zone rurale ou présentant des aménités environnementales (cas de la Seine-et-Marne et de l'Essonne).
- A Lyon-Saint-Exupéry, aucune association entre exposition au bruit et défaveur sociale n'a été observée

En ce qui concerne les cas de Paris-CDG, Paris-Orly et Toulouse-Blagnac, il existe une multitude de facteurs pouvant expliquer les écarts dans les résultats obtenus sur ces trois aéroports. D'un point de vue acoustique, des explications pourraient provenir aussi bien des facteurs acoustiques que non acoustiques des nuisances sonores aériennes (chapitre 2) : sensibilité au bruit ?, fréquence et caractéristiques des survols ?, présence de vols de nuit ?, attente des différentes communautés en matière de changement de qualité de l'environnement sonore (par exemple, dans le cas de Toulouse-Blagnac, l'hypothèse utilisée lors de l'élaboration du PEB en vigueur prévoit une augmentation des vols de nuit) ?, différence dans les politiques de maîtrise des nuisances sonores ?, etc. D'un point de vue économique et géographique, ces écarts peuvent aussi s'expliquer par les facteurs de localisation résidentielle des ménages : arbitrage foncier-mobilité (coût du foncier vs coûts généralisés des déplacements domicile-travail), arbitrage aménité accessibilité, lien entre revenu et localisation, etc. Cependant, seule une approche qualitative permet de déterminer ces facteurs, et cela dépasse le champ de notre recherche.

En ce qui concerne le cas de Lyon-Saint-Exupéry, des explications peuvent également être avancées. Rappelons que la zone de bruit de cet aéroport tombe sur une zone rurale, présentant diverses aménités environnementales et paysagères. Comme on l'a vu précédemment, l'occupation du sol dans la zone de bruit y est caractérisée par une faible densité de population avec des espaces et milieux naturels de premier plan : des paysages à buttes à Pusignan, à Saint-Bonnet-de-Mure, à Vilette d'Anton ou encore des ambiances bocagères à Genas, etc. Ce résultat pourrait donc s'expliquer notamment par le fait que les zones présentant des aménités environnementales ne sont pas sensibles aux nuisances sonores. Autrement dit, les nuisances sonores aériennes sont compensées par les aménités associées aux paysages. Un travail

exploratoire mené par l'IFEN sur les zones inondables du département de Loiret a abouti à une conclusion similaire : «la nuisance représentée par le risque d'inondation n'y est pas, au sens statistique, associée à la raréfaction relative parmi les résidents de la zone, des catégories les plus aisées». Dans ce cas, selon les auteurs, elle semble compensée, non pas par la proximité au lieu de travail mais par les aménités associées aux rivages (cité dans M.A.Kleinpeter, 2008).

Il s'avère donc que les principaux résultats ne confirment que partiellement nos hypothèses de recherche. Ils ont conduit à des résultats contrastés en termes de comportement résidentiel des ménages, selon que la zone de bruit des avions tombe sur une zone urbanisée ou une zone rurale ou présentant des aménités environnementales. Ainsi, l'inégalité sociale face à l'exposition au bruit est observée dans les zones très urbanisées. A l'inverse, cependant, la défavorisation sociale n'est pas observée dans le monde rural ou une zone avec un environnement agréable.

Comparaison avec les résultats des études antérieures

De façon générale, nos résultats sont soutenus par ceux des études antérieures. Par exemple, l'étude d'Y. Ogneva-Himmelberger et B. Cooperman (2008) autour de l'aéroport de Boston Logan ont révélé que les populations minoritaires et à faibles revenus sont exposées de façon plus importante que les autres au bruit des avions. De même, l'étude menée en France (Bruit Paris, 2011) autour de l'aéroport de Paris-CDG et Paris-Orly ont révélé une association entre défaveur sociale et niveau d'exposition au bruit. C'est dans ce sens aussi que G. Faburel et I. Maleyre (Faburel et Maleyre, 2007) déjà cité ci-dessus soulignent le lien existant entre situation socio-économique et niveau de bruit d'avion autour de l'aéroport de Paris- Orly.

Rappelons cependant que l'étude de H. Kruize (Kruize 2007) déjà présentée dans le chapitre 2, menée dans deux régions fortement urbanisées, comprenant la zone de l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol., montre que si les populations à revenus modestes vivent généralement dans des conditions environnementales légèrement moins favorables, les populations bénéficiant des revenus plus élevés sont plus exposées au bruit des avions que les populations aux revenus les plus faibles. D'après l'auteur, ce résultat serait notamment expliqué par la définition de la qualité environnementale qui a été utilisée et qui est uniquement assise sur des normes techniques alors que les comportements et ressentis interviennent également dans les logiques économiques des ménages. En conclusion, Kruize souligne le rôle important de l'État dans la configuration des disparités environnementales. À

ce titre, elle estime que les questions d'équité environnementales devraient être intégrées aux études d'impacts environnementaux. Ce qui permettrait alors de mettre en évidence les effets (re)distributifs des décisions politiques, de favoriser une participation plus équitable aux processus décisionnels et peut-être, enfin, d'inclure d'autres aspects du cadre de vie dans des approches plus intégrées transport-environnement-territoires.

Limites, améliorations à apporter et nouvelles pistes à creuser

L'avantage principal des indices de défaveur sociale est de fournir une mesure de la situation socioéconomique des personnes en l'absence de données individuelles. Mais comme toute analyse, la méthode employée dans la présente thèse comporte certaines limites en raison des choix effectués au cours du processus analytique. Elles concernent :

- **La mesure de la défaveur sociale :** la mesure de la défaveur sociale utilisée dans cette thèse se rapporte aux IRIS, non aux personnes. C'est pourquoi certaines erreurs peuvent se produire lorsque l'indice de défaveur d'une personne ne correspond pas à celui de l'endroit où elle vit (par exemple, un IRIS avec une valeur d'indice de défaveur faible peut comprendre des personnes à valeur supérieure). Ceci a tendance à sous-estimer les écarts en matière de désavantage entre quartiers défavorisés et favorisés, contrairement aux mesures individuelles de cette valeur. Une analyse à une échelle spatiale plus fine, au domicile et/ou dans les lieux d'activités, ou mieux à une échelle individuelle serait donc très utile.
- **La méthode d'estimation du nombre d'habitants**: elle peut encore être affinée pour tenir compte de l'emplacement des bâtiments dans l'espace et du nombre d'étages des bâtiments, etc.
- **Le choix du « groupe de référence** » : le choix du groupe de référence influence les résultats de l'étude. Il convient d'effectuer plusieurs tests pour s'assurer de la stabilité des résultats. Une analyse par département est importante lorsque l'aire d'étude couvre plusieurs départements présentant des caractéristiques différentes.

	CDG				Orly			Toulouse	Lyon			
	Ensemble	**95**	**77**	**93**	**Ensemble**	**94**	**91**	**Ensemble**	**ensemble**	**1**	**38**	**69**
Q1	14%	9%	4%	0%	12%	8%	20%	6%	6%	0	0%	9%
Q2	12%	9%	4%	100%	16%	10%	22%	8%	17%	21%	28%	14%
Q3	23%	16%	41%	0%	24%	22%	19%	14%	57%	0%	26%	67%
Q4	23%	24%	25%	0%	23%	23%	38%	22%	21%	79%	46%	10%
Q5	28%	42%	26%	0%	25%	37%	1%	51%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Q5/Q1	2	4,5	6,2	0	2,02	4,81	0,05	8,9	-	-	-	-
TDQI	1,4	3,1	1,3	0	1,36	2,17	0,04	3,18	-	-	-	-
CERI (Q5)	1,45	3,05	1,4	0	1,44	2,63	0,04	4,66	-	-	-	-

2011

	CDG				Orly			Toulouse	Lyon			
	Ensemble	**95**	**77**	**93**	**Ensemble**	**94**	**91**	**Ensemble**	**ensemble**	**1**	**38**	**69**
Q1	15%	7%	1%	0%	11%	7%	15%	2%	6%	0%	14%	9%
Q2	11%	12%	6%	100%	17%	10%	33%	21%	14%	0%	15%	14%
Q3	23%	12%	33%	0%	24%	24%	14%	9%	61%	23%	32%	67%
Q4	26%	29%	37%	0%	17%	16%	37%	13%	19%	77%	27%	10%
Q5	24%	40%	24%	0%	31%	44%	1%	54%	0%	0%	11%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Q5/Q1	1,6	6,1	32,9	0	2,78	6,52	0,05	22,25	-	-	-	-
TDQI	1,2	3	1,2	0	1,78	2,73	0,04	3,51	-	-	-	-
CERI (Q5)	1,26	1,99	1,27	0	2,02	3,61	0,03	5,53	-	-	-	-

Tableau 42: Résumé des résultats obtenus sur les différents terrains étudiés

C h a p i t r e 4

BRUIT ET INEGALES VALORISATIONS IMMOBILIERES: UNE RELATION A ETABLIR

Introduction

Le lien entre nuisance sonore et ségrégation sociale est désormais un fait bien établi dans les zones urbanisées autour des aéroports français. Dans ce chapitre, nous allons explorer la question de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières : le bruit des avions a-t-il une influence négative sur le prix immobilier ? (hypothèse 3). En même temps, nous allons examiner la manière dont les nuisances sonores pourraient réellement affecter la décision des ménages. Un aéroport présente à la fois des avantages et des inconvénients. Comment s'effectuent les arbitrages des ménages lorsqu'il s'agit de résider à proximité d'un aéroport ? Quelles sont les variables influentes : proximité par rapport à l'aéroport ? Bruit des avions ? Voisinage sociale ?

Largement utilisée dans le domaine de l'évaluation environnementale, la MPH, développée par Rosen (1974), peut apporter des éléments pertinents à ces questions. Elle permet de mesurer, à partir des comportements des ménages, la valeur que ces derniers accordent aux différentes caractéristiques intrinsèques et extrinsèques des logements, en particulier les différentes aménités et nuisances environnementales. La MPH contribue donc à la compréhension des choix résidentiels des ménages, non seulement en prenant explicitement en compte la complexité des biens immobiliers, mais également en mesurant l'influence possible des différentes aménités ou nuisances environnementales sur les choix résidentiels de ces ménages, et ce à travers la mesure de la valeur qu'ils attribuent à ces aménités.

L'objectif de ce chapitre est de montrer que la MPH permet de révéler les préférences des ménages pour telle aménité ou nuisance. Nous appliquons cette méthode sur les ménages acquéreurs de logements. De fait, ils ont effectué un choix dans un système de contraintes, qui peut être considéré comme une sorte de pari sur l'avenir (Desponds et Bergel, 2013).

Il convient alors de préciser dans un premier temps l'ensemble des valeurs que l'on peut associer à un actif environnemental ainsi que les différentes méthodes économiques permettant de les mesurer. Le choix de la MPH sera ensuite justifié. Dans un second temps, nous

présenterons en détail les fondements théoriques, les principes et difficultés de mise en œuvre de la MPH, difficultés pouvant porter aussi bien sur la vérification des hypothèses économiques sous-jacentes que sur les complexités empiriques associées à cette dernière. Dans un troisième temps, nous calculons par la MPH, les valeurs attribuées par les ménages aux nuisances sonores aériennes et aux différentes caractéristiques du logement autour de l'aéroport de Paris- CDG. Pour cela, nous élaborons une base de données originale combinant différentes sources, notamment la base BIEN et les courbes isophoniques. Nous tenons cependant compte des difficultés propres à cette méthode telle que l'existence d'une segmentation de marché, le choix de la forme fonctionnelle et des variables explicatives de la fonction de prix hédoniques, l'existence d'autocorélation spatiale liée au problème de spatialité des données. La contribution fondamentale de notre thèse, en plus des comparaisons entre différents types de biens (maison/appartement) porte sur la mesure de la nuisance sonore dans le modèle de prix hédoniques, en l'occurrence la recherche de la meilleure forme de relation entre prix immobilier et bruit des avions. Dans un quatrième temps, notre modèle empirique est généralisé dans les cas des aéroports de Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse- Blagnac. Notons à ces propos, la contribution de la Société PERVAL dans cette démarche (voir à ce propos la section 4.6.1). Enfin, la conclusion propose une synthèse des résultats obtenus sur les différents terrains étudiés, la comparaison avec les études antérieures ainsi que des améliorations à apporter et les nouvelles pistes à creuser pour les futures recherches.

4.1. Notions de base sur lesquelles s'appuyer

Le niveau de bien-être de l'homme est un jugement de valeur. Etant donné son rôle central dans l'évaluation, il convient de bien définir les différents types de valeur que peut revêtir un actif environnemental. Cette section examine la notion centrale de valeur économique totale (VET) associée à un actif environnemental ainsi que les différents types de valeurs qui la composent.

Il y a plusieurs raisons qui poussent les gens à exprimer leur préférence pour tel ou tel actif environnemental. Chacune de ces raisons correspond à une composante différente de la VET. La VET d'un actif environnemental est définie comme la somme actualisée des flux de biens et services qu'il génère.

Elle englobe généralement la valeur d'usage et de non usage (ou d'usage passif) (Pearce et al., 2006)

Les valeurs d'usage correspondent à l'utilisation effective (par exemple visite d'un parc national), envisagée (visite prévue à l'avenir) ou possible du bien en question. Les utilisations effectives et envisagées sont des concepts assez évidents, mais la notion d' « utilisation possible » peut aussi être importante du fait que les individus peuvent être disposés à payer pour sauvegarder un bien afin de conserver la possibilité de l'utiliser à l'avenir. Cette valeur d'option est donc une forme de valeur d'usage.

La valeur de non usage est égale au consentement à payer pour préserver un bien que l'on n'utilise pas effectivement, que l'on ne peut envisager d'utiliser ou qu'il est impossible d'utiliser. Il est possible d'en distinguer plusieurs types, mais il est commode de les répartir en trois catégories : a) valeurs d'existences, b) valeurs altruistes et c) valeurs de legs (Pearce et al, 2006). Les valeurs d'existences correspondent au CAP d'un individu pour la sauvegarde d'un bien qu'il n'utilise pas effectivement ni ne destine à quelconque usage ni pour lui-même ni pour personne d'autre. Les motivations peuvent varier et aller d'un intérêt pour le bien lui-même (espèce menacée par exemple) jusqu'à un souci de protection conduisant à se sentir responsable de ce bien. Les valeurs altruistes reflètent la volonté de faire en sorte que d'autres personnes de la génération présente puissent disposer du bien en question. Les valeurs de legs sont du même ordre, mais il s'agit alors d'assurer à la prochaine génération et aux suivantes la possibilité d'utiliser ce bien. La figure 38 montre les différentes catégories de valeurs qui composent la VET.

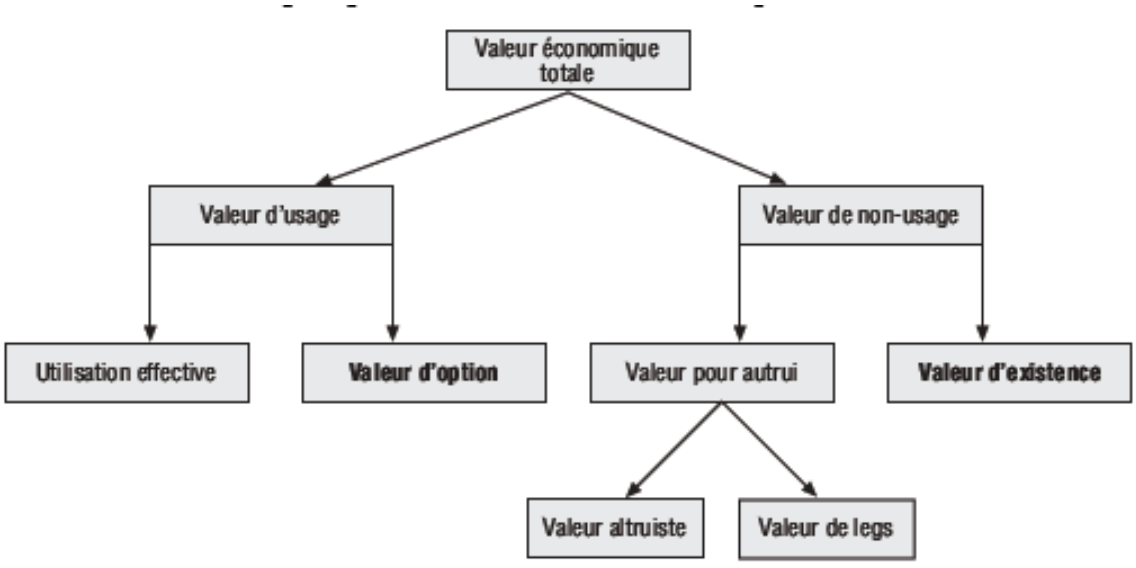


Figure 37: Les différentes composantes de la Valeur économique totale d'un actif environnemental.
Source : D'après Pearce et al. 2006, p. 95

4.2. Les différentes méthodes d'évaluation disponibles

Comment déterminer la valeur de la tranquillité d'un lieu de résidence ? L'objet de cette seconde section est de présenter les méthodes qui permettent d'y répondre.

Différentes méthodes d'évaluation des préférences individuelles ont été développées dans la littérature en économie de l'environnement. On distingue principalement deux grandes familles (figure 39):

- les méthodes des « *préférences révélées* », qui utilisent le prix du marché ;
- et les méthodes des « *préférences déclarées* », qui utilisent les estimations du CAP formulées à l'aide des questionnaires ;

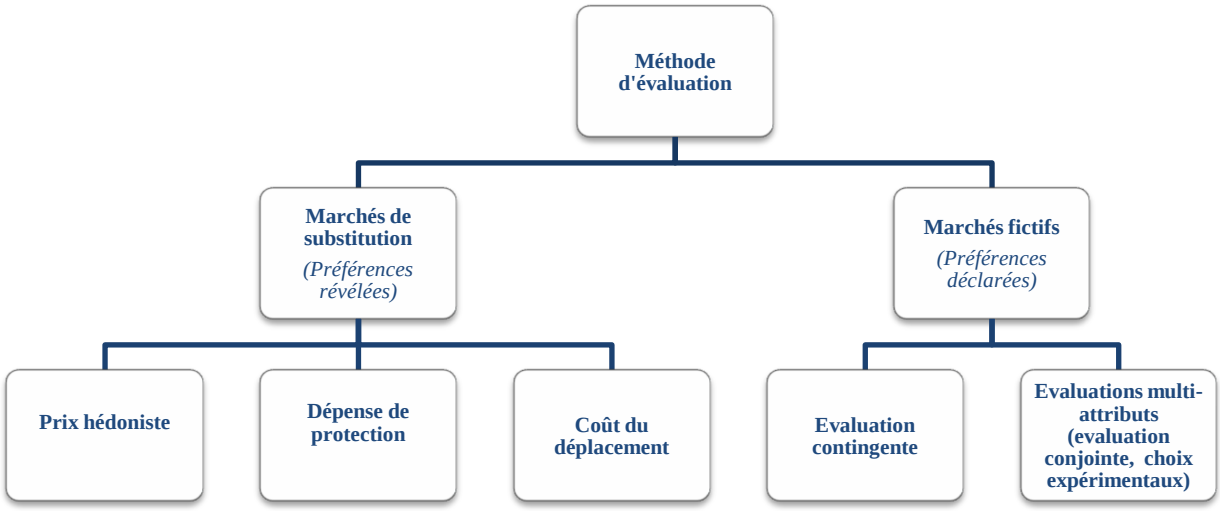


Figure 38: Présentation des différentes méthodes d'évaluation d'un actif environnemental

4.2.1. Les méthodes des préférences révélées

Les méthodes des préférences révélées, également dites « fondées sur les marchés » reposent sur l'observation des comportements réels des individus. En effet, les biens environnementaux n'ont pas de marché, il convient donc de retrouver des marchés de substitution. Il s'agit d'isoler dans le prix d'un bien marchand l'influence de l'environnement des autres caractéristiques de ce bien. Quatre méthodes sont couramment sollicitées dans la littérature économique : a) prix hédoniques ; b) coûts de déplacement, c) dépenses de protection et d) coûts de la maladie.

Les méthodes des préférences révélées ont été appliquées dans divers contextes. Leur intérêt tient au fait qu'elles sont fondées sur les décisions effectives des individus ou des ménages, contrairement aux méthodes des préférences déclarées dans lesquelles il leur est demandé quelle sera la valeur hypothétique qu'ils attachent à certaines variations de l'offre de biens non marchands. Certains auteurs en déduisent que les résultats obtenus aux moyens de ces méthodes fondées sur le marché constituent en principe le meilleur indicateur des préférences individuelles (Pearce et al, 2006). Elles fournissent en effet des valeurs concrètes sur le montant du consentement à payer des individus pour se procurer une plus grande quantité de biens non marchands ou pour se prémunir contre les préjudices occasionnés par une nuisance non marchande. Ils fournissent donc des valeurs plus facilement acceptées par les décideurs politiques (Pearce et al., 2006).

Toutefois, l'utilisation de ces techniques requiert de nombreuses données, l'emploi de tests statistiques complexes et de beaucoup d'hypothèses restrictives (pour isoler l'effet de la composante environnementale sur le marché de substitution étudié), rendant leur application difficile et parfois coûteuse. De plus, ces méthodes ne peuvent fournir des estimations que concernant les valeurs d'usages ignorant donc les autres composantes de la valeur économique totale.

Les trois paragraphes suivants offrent successivement une brève présentation des principales méthodes fondées sur les préférences révélées.

4.2.1.1. LA METHODE DES PRIX HEDONIQUES

Cette méthode, basée sur l'évolution des prix (ou des loyers) des biens immobiliers part de l'hypothèse que le prix d'un logement reflète, entre autres, les nuisances qui peuvent être ressenties par les occupants.

Tout logement peut être décrit par ses qualités ou caractéristiques structurelles telles que le nombre de pièces, de salle de bain, etc. et par sa situation, par son voisinage, ainsi que par les aménités disponibles à proximité. Le prix d'un logement est déterminé par l'ensemble particulier de caractéristiques qu'il offre. Il en résulte qu'un bien immobilier qui possède des caractéristiques souhaitables en plus grand nombre et de meilleure qualité atteignent des prix plus élevés que ceux qui présentent davantage de défauts.

Des nombreuses études de marchés immobiliers à l'aide de la MPH ont été menées afin de déterminer les valeurs de biens ou nuisances de nature non marchands, dont le bruit de la circulation automobile et du trafic aérien, la pollution atmosphérique, la qualité de l'eau, la proximité des décharges ou les restrictions d'aménagement des terrains non bâtis au sein de la périphérie des zones urbaines. Révélons que, pour le contexte français, la méthode a été appliquée afin d'évaluer les plus-values induites par le traitement paysager des friches industrielles (Letombe et Zuindeau, 2001), par la couverture de l'autoroute A1 à la sortie de Paris (Calcoen et al., 2003) et par l'évaluation du bruit des avions autour de l'aéroport de Paris-Orly (Faburel et Maleyre, 2007), etc.

La MPH est également la méthode la plus utilisée pour évaluer l'impact du bruit du trafic aérien (Navrud, 2008 ; Nelson, 2008). Pour reprendre les explications de D. Pearce et al. (Pearce et al., 2006), nous pourrions ainsi supposer que la plupart des gens préfèrent habiter dans un quartier calme plutôt que dans un environnement bruyant. L'aménité que constituent le «calme» et la «quiétude» ne s'échange cependant sur un marché susceptible de nous fournir des éléments d'informations directs sur la valeur qui lui est attachée à l'endroit considéré. Le calme et la quiétude peuvent toutefois faire l'objet de transactions implicites sur les marchés immobiliers. Les individus peuvent exprimer leur préférence pour un environnement paisible en achetant un logement dans un quartier calme. La différence de prix entre un logement plus tranquille et un autre plus bruyant, mais par ailleurs identique, constitue une mesure de la valeur du calme et de la quiétude.

On suppose donc que le bruit et ses effets sont capitalisés négativement dans la valeur des logements ou le montant de leur loyer. Cette technique tente donc d'établir la part de l'environnement sonore dans les différences de prix entre les propriétés et ainsi déterminer la somme que les individus sont prêts à payer pour améliorer la qualité de leur environnement sonore. Les résultats qui s'expriment en *Noise Depreciation Index* (NDI) ou *Noise Depreciation Sensitivity Index* (NDSI), représentent le pourcentage de dépréciation de la valeur du logement, pour une variation marginale d'un décibel du niveau de bruit.

La méthode applique une technique économétrique (régression multiple) à des données relatives aux caractéristiques et aux prix du logement, pour déterminer le lien entre les attributs du bien et son prix de marché, et de là, estimer les prix implicites de chacune de ses nombreuses caractéristiques, y compris la caractéristique environnementale étudiée. Le prix implicite, par exemple du bruit, donne le montant en monnaie que les gens sont disposés à payer pour éviter

cette nuisance. Ce prix est ensuite utilisé pour dériver la fonction de demande de qualité d'environnement, et le nombre de logement étant fixé, les bénéfices retirés d'une amélioration de l'environnement. On obtient donc une valeur monétaire du CAP des agents.

Les principaux avantages de la MPH par rapport à d'autres méthodes d'évaluation sont les suivants (Baranzini et al., 2008) :

Elle s'appuie sur le consentement à payer réel des ménages pour les caractéristiques des logements à partir des données statistiques sur le marché (préférences révélées), et non sur des intentions déclarées par les personnes interrogées lors d'une enquête, à partir de scénarios hypothétiques (méthode d'évaluation contingente). C'est d'ailleurs pourquoi, elle est considérée par certains comme plus fiable que la méthode d'évaluation contingente (Terra, 2005).

Elle intègre et valorise la qualité de l'environnement et les caractéristiques du voisinage des habitations dans un cadre cohérent, qui intègre également les caractéristiques physiques des logements et la qualité de la construction.

Avec le développement récent du SIG (voir par exemple à ce propos les travaux de Cavailhès et al. (2007) sur les prix des paysages urbains), les traitements statistiques et la mesure de la qualité environnementale, la MPH permet d'analyser une grande proportion du marché immobilier, en offrant la possibilité d'analyser des milliers d'observations. Ainsi, elle fournit des résultats plus fiables que les méthodes basées sur les enquêtes confinées à quelques centaines de ménages.

Les critiques relatives à la MPH concernent plus la confrontation à la réalité des hypothèses de différenciation et de compétition pure que les fondements théoriques proprement dits de la méthode. Ces critiques portent donc sur la non validation de certaines hypothèses : perception partielle des nuisances sonores, non équilibre du marché (information incomplète sur le marché du logement et sur les caractéristiques des logements, coûts des transactions élevés), segmentation fréquente du marché (nécessité d'établir plusieurs fonctions de prix hédoniques). L'importance des hypothèses que nécessite l'approche hédonique implique donc des réserves. Certaines de ces hypothèses sont difficiles à vérifier, d'autres représentent une simplification commode, mais imparfaitement fondée (Kail et al. 1999).

Par ailleurs, des difficultés pratiques (méthodologiques et économétriques) surgissent lorsque l'on a recours à la MPH. Comme l'ont rappelé Kail et al. (1999), ces difficultés portent

notamment sur la ou les variables utilisées pour refléter la nuisance sonore, le choix des variables explicatives du prix des logements, les phénomènes de multi-colinéarités, etc.

Cette méthode étant au centre de cette thèse, ces difficultés avec leurs méthodes de résolution ainsi que les principes et les modalités de mise en œuvre de la méthode seront développés ultérieurement.

4.2.1.2. LA METHODE DES DEPENSES DE PROTECTION

La méthode des dépenses de protection part du principe que les individus ou les ménages peuvent se prémunir contre une nuisance non marchande en adoptant des types de comportements plus coûteux. Il est par exemple possible que les individus puissent se soustraire aux nuisances non marchandes grâce à l'achat d'un bien marchand. Ces dépenses monétaires sont appelées « dépenses de protection ». La valeur de chacun de ces achats constitue le prix implicite du bien ou de la nuisance de nature non marchande en question.

Cette méthode d'évaluation a été appliquée dans plusieurs domaines. Par exemple, G. Garrod et K. Willis (Garrod et Willis, 1999 ; cité dans Pearce et al, 2006) citent celui des ménages qui installent des fenêtres à double vitrage pour réduire les expositions au bruit de la circulation automobile. Les fenêtres à double vitrage constituent pour l'essentiel un bien marchand qui représente en l'occurrence un substitut à un bien non marchand (le calme et la quiétude définis par l'absence de bruit de la circulation automobile). Si l'intensité des nuisances sonores diminue – pour d'autres raisons, par exemple à la suite de la mise en œuvre par les autorités locales de mesures visant à modérer la circulation, les ménages effectueront moins de dépenses de protection de ce type. Les variations de dépenses consacrées à l'achat de ce bien de substitution fournissent une bonne indication de la valeur accordée par les ménages aux politiques de modération de la circulation ayant pour effet de diminuer la pollution acoustique (qui présente une nuisance) et d'accroître d'autant le calme et la quiétude (qui constituent un bien). En ce qui concerne les nuisances sonores aériennes, on dispose également de quelques études assez anciennes sur cette question, en particulier celle de Starkie et Johnson (1975). En France, quelques estimations ont été effectuées par l'IRT-CERNE en 1982 et à partir de l'enquête INTERTS de 1986 (Kail et al. 1999).

L'application des méthodes d'évaluation fondées sur les dépenses de protection suscite un certain nombre de difficultés. D'abord, les dépenses de protection ne présentent d'ordinaire qu'une estimation partielle ou minimale de la valeur de l'impact que la nuisance non marchande

exercé sur le bien-être : les fenêtres à double vitrage peuvent certes assurer une plus grande tranquillité à l'intérieur des logements mais l'intensité du bruit des trafics restera inchangée dans les jardins, si bien que les propriétaires ne pourront malgré tout éviter la totalité des coûts imposés par ces nuisances sonores. Deuxièmement, beaucoup de comportements de prévention et de dépenses de protection engendrent par ailleurs des avantages indirectes, par exemple dans le cas des fenêtres à double vitrage, sous la forme d'économie d'énergie. C'est le coût net de ces dépenses ou de ces comportements qu'il convient de prendre pour indicateur de la valeur de la nuisance ainsi rendue possible.

4.2.1.3. LA METHODE DES COUTS DE LA MALADIE

La méthode des coûts de la maladie est similaire à celle des dépenses de protection puisqu'elle est axée sur les dépenses en services et produits médicaux réalisés pour soigner les maladies et les autres effets non marchands exercés sur les impacts environnementaux. Par exemple, les coûts des impacts sur la santé dus à la pollution atmosphérique peuvent ainsi être évalués, en examinant les dépenses que les individus affectés consacrent à l'achat de médicaments pour combattre les maux de têtes, la fièvre et les autres symptômes de type grippal dont on suspecte que certains polluants atmosphériques puissent être la cause. La différence entre la méthode du coût de la maladie et la méthode des dépenses de protection tient au fait que la décision d'engager des dépenses de santé n'est généralement pas prise par l'individu lui-même mais par les administrateurs sociaux et en dernière analyse par le contribuable (Pearce et al, 2006). Il peut en résulter des incertitudes quant à ce que cette méthode s'efforce réellement de mesurer. A supposer qu'elle s'intéresse principalement aux dépenses engagées par les individus eux-mêmes, on peut être (relativement) certain que leurs choix en ce domaine indiquent à quel point ils préfèreraient que ces impacts négatifs soient réduits. L'augmentation des dépenses d'un individu révèle qu'il estime que ces impacts négatifs se sont accrus (objectivement ou subjectivement). Les décisions en matière de dépenses prises par les administrateurs sociaux, les responsables politiques, etc. pourraient toutefois refléter d'autres considérations, notamment d'ordre politique et éthique. La décision d'accroître les dépenses pour faire face à un problème particulier pourrait dès lors paraître l'aggraver (puisque les coûts de la maladie seraient plus élevés), même si l'état de santé de l'individu s'est de fait amélioré.

La méthode du coût de la maladie risque de soulever des difficultés compte tenu de l'observation directe des variations de dépenses consacrées au traitement des impacts de la pollution sur la santé n'est souvent pas chose aisée.

4.2.1.4. LA METHODE DU COUT DE DEPLACEMENT

La méthode des coûts de déplacement ou de voyage a été développée aux Etats-Unis pour évaluer l'attraction de certains sites naturels de loisirs (zones récréatives, espace naturel calme etc.). La méthode du coût de déplacement part du principe que les individus ont recours à divers entrants pour vivre des expériences récréatives. Parmi ces intrants figure la zone récréative elle-même, le déplacement pour s'y rendre, et dans certains cas, le séjour d'une ou plusieurs nuitées sur place, etc. La zone récréative proprement dite constitue en règle générale un bien sans prix, alors que les autres intrants nécessaires pour jouir de l'expérience récréative ont un prix de marché. La méthode du coût de déplacement découle de la constatation que la zone récréative et le déplacement pour s'y rendre se caractérise par leur (faible) complémentarité, de sorte que la valeur de la première peut être mesurée par le prix atteint sur le marché par le second. Pour pouvoir appliquer la méthode des coûts de déplacement, il faut donc connaître deux éléments : a) le nombre de déplacements effectués au cour d'une année par un individu ou un ménage pour se rendre dans une zone récréative donnée et b) ce que coûte à cet individu ou à ce ménage le déplacement jusqu'à la zone récréative. Ces informations sont généralement obtenues aux moyens d'enquêtes réalisées sur le site récréatif. Les coûts de déplacement jusqu'à la zone récréative se composent à leur tour de deux éléments : le coût monétaire des billets aller-retour ou de la consommation de carburant, l'usure et la dépréciation du véhicule, etc., et ii) le coût du temps nécessaire au déplacement (Pearce et al, 2006). Le temps constitue une ressource rare pour le ménage. Le temps nécessaire au déplacement pourrait être affectée à une autre activité (telle que le travail) susceptible de générer du bien-être. Autrement dit, l'individu ou le ménage supportent un coût d'opportunité lorsqu'ils consacrent du temps pour se déplacer. Autrement dit, la demande de déplacements sera d'autant plus grande qu'il faudra moins de temps pour se rendre jusqu'à la zone récréative, quelle que soit par ailleurs le coût monétaire du trajet.

L'application de la méthode du coût de déplacement pose un certain nombre de problèmes, notamment dans le cas de trajets réalisés à des fins multiples. De nombreux voyages d'agréments répondent en effet à plus d'une motivation. Une solution à ce problème à consisté à demander aux visiteurs (dans le cadre d'une enquête réalisée sur place) d'estimer quelle est la part de la satisfaction globale tirée de leur voyage qui leur paraît imputable à la visite du site récréatif considéré. Les coûts totaux de déplacement imposés par l'ensemble du voyage sont alors multipliés par ce taux en vue d'évaluer les coûts de déplacement jusqu'au site récréatif en question (Pearce et al, 2006).

4.2.2. Les méthodes des préférences déclarées

A la différence des méthodes des préférences révélées, les méthodes des préférences déclarées, s'appuient sur des enquêtes directes. Ces enquêtes permettent d'estimer le consentement à payer pour bénéficier de certaines variations de l'offre de biens environnementaux.

Par rapport à la MPH, ces méthodes ont été moins utilisées dans l'évaluation du bruit. Le point central de ces méthodes consiste à construire un scénario hypothétique (contingent) concernant une ou plusieurs situations fictives mettant en jeu la modification de l'actif environnemental considéré, puis à interroger les individus concernés sur leurs intentions en faisant l'hypothèse que ces dernières constituent un bon prédicateur de ces changements de comportement (Bonnieux et Point , 2004). La méthode directe consiste à poser des questions telles que «qu'êtes-vous disposé à payer ?» ou «êtes- vous disposer à payer X ?». La méthode indirecte soumet des options alternatives et invite les personnes interrogées à établir un classement ou à donner une note, chacune de ces options possédant un ensemble d'attributs ou de caractéristiques dont l'une sera le prix et les autres pourront être la distance qui doit être parcourue pour se procurer le bien et certains aspects de la qualité de ce bien. Une analyse minutieuse des réponses permet de déduire le CAP correspondant sans demander aux personnes interrogées de le déclarer. La méthode directe est qualifiée d'évaluation contingente et la méthode indirecte est définie comme une modélisation de choix basée sur des attributs. Les méthodes se ressemblent par le format des questions. En principe, elles permettent toutes les deux d'estimer les CAP individuel pour un changement apporté au bien.

Un des atouts des méthodes des préférences déclarées résident dans leur souplesse. Ces méthodes peuvent ainsi être appliquées à la plupart des biens et services non marchands tant dans les analyses *ex-ante* qu'*ex-post*. L'approche par les préférences déclarées a en outre l'avantage de permettre d'évaluer tous les types d'avantages qu'un actif environnemental pourrait procurer, et notamment les valeurs de non-usage (Pearce et al, 2006). Un des inconvénients de ces méthodes découle de la nature hypothétique de la méthode.

4.2.1.1. LA METHODE D'EVALUATION CONTINGENTE

La méthode d'évaluation contingente est la plus répandue des approches des préférences déclarées et la plus utilisée des techniques reposant sur les enquêtes. Elle est ainsi appelée en raison de la nature hypothétique du scénario utilisé. Après la méthode des prix hédoniques, c'est

la méthode la plus utilisée pour l'évaluation du bruit des avions. Cette méthode, qui intègre les avancées en matière d'étude de marché et de psychologie cognitive, est de plus en plus recommandée par les auteurs comme méthode alternative ou complémentaire à la MPH, pour l'évaluation du bruit des avions. C'est pourquoi, nous lui accordons une attention particulière.

La méthode consiste à demander aux individus:

- soit ceux qu'ils consentent à payer (CAP) pour recevoir un avantage ou éviter une perte ;
- soit la compensation monétaire (consentement à accepter (CAA)) qu'il exige pour tolérer une atteinte ou renoncer à un bénéfice.

On procède par une enquête spécifique par questionnaire qui présente aux individus un marché hypothétique sur lequel s'échange le bien à estimer (par exemple un attribut de l'environnement). Les enquêtés doivent indiquer s'ils se portent acquéreurs (ou vendeurs) et si oui, à quel prix. On recourt à des enquêtes (par interview en face à face, par voie postale ou par téléphone) sur la base d'un questionnaire administré en trois étapes (Kail et al, 1999).

La première étape comprend une description détaillée du bien à évaluer et des enjeux d'échange. Le scénario doit être plausible, le bien à estimer clairement défini (amélioration ou dégradation de l'environnement sonore par exemple), y compris ses états (qualités initiaux et finaux). Il faut préciser la portée exacte du changement et ses conséquences éventuelles pour éviter que les individus ne tiennent comptent d'éléments extérieurs à l'analyse. On décrit comment est régie l'offre sur le marché (par exemple qui fournit le bien et comment, le marché est-il organisé autour de droit de propriété ?), comment s'effectue le paiement (impôt, taxe, participation volontaire) et implicitement ou explicitement à quelles conditions s'effectuera l'échange (condition d'adjudication du bien).

La seconde étape consiste à obtenir le CAP de l'enquêté à l'aide d'un questionnaire en évitant les abus de détail pour ne pas rendre la question trop complexe. La manière de formuler les questionnaires permettant d'obtenir un CAP ou un CAA doit minimiser le risque de biais dans la réponse. On distingue trois approches:

- le système d'enchères montantes ou descendantes : une valeur est annoncée, et selon la réponse, une deuxième valeur est proposée, supérieur ou inférieure, puis une

troisième valeur, etc. La principale limite de cette méthode d'enchères est le risque de biais d'initialisation. De plus, les résultats ne sont pas identiques si l'on utilise l'enchère montante ou descendante, ou différentes valeurs pour les enchères.

- la question ouverte : on demande directement à l'individu quel est son consentement à payer (ou à accepter). Cette solution est plus difficile que la précédente et, si elle offre des garanties quant à l'absence de biais d'initialisation, elle risque d'aboutir à un nombre de non-réponses plus élevé ;
- la question fermée ou technique dite du référendum : dans ce cas, une valeur est proposée à l'individu, lequel répond par oui ou par non. Les valeurs proposées aux individus enquêtés sont tirées d'une manière aléatoire parmi un ensemble de valeurs estimées au cours d'une enquête préparatoire. Cette méthode correspond au fonctionnement d'un marché réel. De plus, on considère généralement que l'exercice cognitif est plus aisé, et que le comportement stratégique est exclu. Mais la réponse contient moins d'information que dans le cas précédent, ce qui doit conduire à des échantillons plus importants (1000 personnes selon les recommandations de l'administration américaine) (Bonnieux et Desaigues, 1998).

Par ailleurs, d'autres difficultés liées à la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente résident dans l'existence de nombreux biais[37], découlant de la nature hypothétique de la méthode. Lors de la conception du questionnaire, il faut être attentif à la manière avec laquelle l'enquêté va être amené à associer une valeur à la nuisance considérée, et à la manière avec laquelle il révèle cette valeur sans la biaiser. Les principaux biais qui en découlent sont de trois sortes (Kail et al, 1999) :

Bais liés à la formulation :

- **Bais informationnel** concernant la connaissance, par les enquêtés, des effets du bruit par exemple ; le manque de renseignements ou leur mauvaise qualité ne permettent pas à l'individu de révéler spontanément ou de façon claire ses préférences. Le risque est que les réponses obtenues soient tributaires des informations fournies par les répondants ;

[37] Il s'agit de la différence observée entre la distribution de paiements hypothétiques obtenus à l'aide d'un questionnaire, et la distribution qui aurait été obtenue par le fonctionnement du marché (Bonnieux et Desaigues, 1998).

- **Biais hypothétique** : l'hypothèse de parfaite information de l'enquêté n'et pas suffisante pour assurer une formulation cohérente de la valeur. Le scénario proposé doit aussi être plausible. La personne doit être persuadée que le marché peut se concrétiser et que par sa réponse, elle contribue à cette réalisation. Sur un marché réel, cette implication est omniprésente et menace l'individu d'une perte financière en cas de décision erronée. Le principe du marché hypothétique empêche de soumettre les individus à cette pression, d'où il peut découler une certaine paresse lorsqu'il s'agit d'envisager un consentement maximum à payer ou minimum à accepter. Tester ce biais s'avère difficile.
- **Biais instrumental** : provient de l'instrument de paiement retenu ou du mécanisme proposé pour collecter les enchères ou verser le dédommagement (réduction des taxes locales, prix d'achat d'un bien, variation du montant du loyer, etc.). Les possibilités de substitution entre le bien évalué et les autres biens varient en fonction de l'instrument de paiement. Plus celui-ci offre de possibilités, plus le consentement à payer est élevé et plus celui à recevoir est faible.

Biais liés à la révélation des consentements :

- **Biais d'initialisation** : le processus d'enchères ou l'instrument de paiement faussent l'estimation. La personne risque de s'imaginer que la somme proposée constitue un montant de référence, qu'elle reflète une valeur consensuelle dont il vaut mieux ne pas trop s'écarter. en outre, si le point de départ est fixé largement en dessous du CAP véritable, la lenteur et la répétitivité du jeu d'enchères risquent de lasser l'enquêté et d'interrompre prématurément la montée des enchères. Des pas d'itération trop faibles ou trop d'itérations renforcent ce phénomène.
- **Biais stratégique** : c'est le problème du « free rider », c'est-à-dire du passager clandestin : les gens peuvent ne pas avoir intérêt à révéler leur préférence réelle si le fait de les cacher leur donne un avantage supérieur. La vraie valeur dépasse celle qu'il avoue s'il attend à devoir la payer, elle est au contraire supérieure si d'autres paient à sa place. C'est souvent le cas pour les biens publics comme la qualité de l'environnement : la consommation du bien par un individu n'empêche pas la consommation par les autres.

Biais liés à l'exploitation des données

Un mauvais échantillonnage, des incitations malvenues de l'enquêteur, des non-réponses mal distribués risquent de biaiser le calcul de la valeur collective pour une population plus large que celle interrogée.

- **Biais d'échantillonnage et d'exécution** : le choix des modalités d'enquête nécessite une série de décisions en relation avec les problèmes d'échantillonnage. Quelle est la population qui supporte les coûts et les avantages de la mesure proposée ? Enquête-t-on un individu ou un ménage ? Les critères socio-économiques retenus donnent-ils à chaque membre de la population une probabilité identique d'être inclus dans l'échantillon ? Par quel moyen peut-on atteindre ces personnes (téléphone, courrier, porte à porte) ? Pour la méthode contingente, les raisons des non-réponses doivent également être identifiées afin de pouvoir les traiter de manière spécifique. L'importance de cas d'absence de données varie selon le moyen d'enquête utilisé, mais toutes ces méthodes aboutissent toutefois souvent à une sous-représentation des personnes qui disposent de peu de temps pour répondre à des enquêtes ou se sentent les moins concernées.
- **Biais d'inférence** : ils sont relatifs à la stabilité des préférences dans le temps et dans l'espace (biais temporel et spatial), l'influence de la séquence d'évaluation (biais d'ordre), l'effet d'encastrement ou biais d'inclusion qui apparaît lorsque les enquêtés réagissent davantage aux aspects généraux du phénomène qu'aux éléments spécifiques soumis à l'évaluation.

La MEC a été largement appliqué depuis les années 1990 à l'évaluation des impacts environnementaux dans le monde entier. De vastes problèmes environnementaux ont été évalués : qualité de l'eau, loisir de plein air, qualité de l'air, bruit des transports. Elle a été rarement appliquée dans l'évaluation du bruit des avions. G. Faburel (Faburel 2001) a établi une étude d'évaluation contingente pour évaluer l'impact du bruit des avions autour de l'aéroport d'Orly. Le scénario hypothétique proposait à l'échantillon enquêté de participer financièrement, et à l'appui d'une redevance mensuelle versée pendant deux ans, à la réalisation d'un programme d'actions visant à supprimer la gêne sonore. Ce programme, qui associait pour sa réalisation l'ensemble des acteurs du contexte, y compris les associations de riverains, visait à modifier l'axe des pistes donc de l'ensemble des trajectoires de décollage et d'atterrissage. A la fin du scénario, l'enquête rappelle aux enquêtés l'existence de contraintes budgétaires afin que toutes les substitutions demeurent possibles pour rendre l'arbitrage (« *la somme déclarée ne*

pourra dès lors être affectée à d'autres dépenses»). L'analyse des résultats obtenus montrent que le consentement à payer moyen global est de 46 FF 1999 (soit 7 euros environ) par ménage par mois. Il correspond à 0,4 % du revenu moyen déclaré lors de l'enquête. Il est difficile de comparer directement les résultats des différentes études menées dans ce domaine car les méthodes ne sont pas strictement les mêmes (par exemple le scénario hypothétique proposé), les applications dans le temps et l'espace diffèrent, et la qualité des études est très variable. Néanmoins, ces résultats convergent avec ceux d'autres applications de la méthode d'évaluation contingente. A titre d'exemple, ceux produits par Vainio (1995) affichent un consentement à payer de l'ordre de 0,32 % du revenu et ceux de Navrud (2002) de l'ordre de 0,6 %. D'autres exemples d'application de la méthode au bruit des avions et ceux des trafics routiers et ferroviaires sont présentés notamment dans Navrud (2002).

Quoiqu'elle demeure controversée, l'intérêt de cette méthode s'est amplifié au cours des deux dernières décennies. En effet, la conception, l'analyse et l'interprétation des enquêtes se sont considérablement améliorées grâce aux avancées de la théorie de l'échantillonnage scientifique, la théorie de l'estimation des avantages, le traitement informatique des données et les sondages d'opinion (OCDE, 2006). Il est actuellement recommandé de mettre en place conjointement la méthode des prix hédoniques et d'évaluation contingentes dans le cadre de l'évaluation du bruit des avions (Navrud, 2002 ; Nelson, 2008).

4.2.2.2. La methode d'experimentation par les choix

Dans la méthode d'expérimentation par les choix, les personnes interrogées sont invitées à choisir, parmi les différentes possibilités, celles qu'elles préfèrent. Une option de référence, correspondant au *statut quo,* est généralement incluse dans chaque série de choix. Plusieurs questions sont posées à chaque personne interrogée. Les questions relatives aux choix peuvent également varier d'une personne à l'autre.

4.2.2.3. L'analyse conjointe

Le principe de la méthode d'évaluation conjointe est très proche de celui d'une expérimentation relative au choix mais il est demandé à la personne interrogée de formuler ses préférences, en classant les options proposées sur une échelle de un (celle qu'elle préfère le plus) ; à trois (celle qu'elle apprécie le moins). Dans la pratique, plus de trois options sont généralement proposées. La notation contingente adopte une approche très similaire à celle du classement. Plusieurs scénarii sont soumis aux personnes interrogées, qui sont priées de les

noter sur la base d'une échelle sémantique ou numérique. Cette méthode n'implique donc pas une comparaison directe de choix alternatifs. Au lieu de cela, les personnes interrogées sont invitées à répondre à une série de questions dans lesquelles la conception de l'action publique varie. On obtient ainsi des données sur les notes accordées aux différentes « conceptions » du bien environnemental ou de l'action des pouvoirs publics. Par rapport à l'évaluation contingente, l'analyse conjointe présente l'avantage de permettre de faire varier chaque attribut considéré individuellement, voire de calculer les effets croisés entre plusieurs attributs. Ceci permet également de ne pas mettre au premier plan uniquement le prix des scénarii qui apparaît ici comme un attribut parmi d'autres. Un autre avantage de cette méthode est qu'elle peut fournir beaucoup plus d'informations sur une série de politiques alternatives possibles. Elle permet également de réduire la taille de l'échantillon par rapport à la méthode d'évaluation contingente. Toutefois, sa mise en œuvre est beaucoup plus complexe en raison, notamment en raison du nombre de biens qui doivent être décrits dans le questionnaire ainsi que des méthodes statistiques à mettre en œuvre pour le traitement de l'enquête. En outre, le choix lexicographique et les autres stratégies de simplification employées par l'enquêté pour choisir entre les alternatives complexes pourraient conduire à des résultats biaisés. Bien que plus intéressante par rapport à la MEC, cette méthode a connu très peu d'application dans le domaine du bruit des transports aériens

4.2.3. Les transferts de valeurs

La méthode des transferts de valeurs (ou de bénéfices) est utilisée dans plusieurs disciplines. En économie de l'environnement, c'est une méthode assez récente et en utilisation croissante. Elle consiste à « emprunter » une estimation du consentement à payer pour un site (site d'étude) et à l'appliquer à un autre site (site de l'action des pouvoirs publics) (OCDE, 2002).

L'avantage du transfert de valeurs est d'éviter le coût et le temps de réalisation d'une étude primaire (à l'aide d'une ou de plusieurs techniques évoquées ci-dessous). Il permet aussi de faire une évaluation sommaire d'une problématique, afin d'orienter une étude primaire. Quelques bases de données répertoriant les études primaires existent (telle que la base de données australienne ENVALUE (http://www.epa.nsw.gov.au/envalue/), qui contient actuellement plus d'une vingtaine d'études utilisant la MPH sur le bruit des avions, et la base de données canadienne EVRI) afin de faciliter les études sur les transferts de valeurs. Il existe aussi

quelques méta-analyses des études de prix hédoniques sur la décote immobilière due au bruit des avions (Nelson, 1980 ; Nelson, 2004 ; Shipper et al. 1998, etc., citées dans le chapitre 2).

Cette méthode soulève toutefois un problème, celui de sa fiabilité. Comment peut-on, en effet, valider la valeur transférée ? Selon l'OCDE (2002), la principale procédure de validation consiste à transférer une valeur et à réaliser une étude primaire sur le site de l'action des pouvoirs publics. Dans l'idéal, la valeur transférée et l'estimation primaire seraient similaires. Si cet exercice était répété jusqu'à l'obtention d'un échantillon important d'études, dans lesquelles les valeurs primaires et transférées seraient calculées pour les sites d'intervention des pouvoirs publics, on serait en droit de supposer que les valeurs transférées peuvent être utilisées à l'avenir sans avoir besoin d'être validées par des études primaires. Une autre possibilité est de réaliser des *méta-analyses* des études existantes pour expliquer pourquoi celles-ci aboutissent à des estimations moyennes (ou médianes) différentes du CAP. Dans sa forme la plus simple, une méta-analyse pourrait consister à calculer la moyenne des estimations existantes des CAP, à condition que la dispersion autour de la moyenne ne soit trop importante, et à l'utiliser dans les études du site d'intervention des pouvoirs publics. Enfin, le transfert de valeurs pourrait être testé en estimant le CAP avant la mise en œuvre d'un projet réel et en revenant ensuite dans la zone concernée, après l'achèvement du projet, pour voir si le comportement des gens a correspondu au CAP qu'ils avaient déclaré.

Malgré ses avantages, le transfert de valeurs est assez récent, peu de domaines de la politique environnementale ont fait l'objet d'une évaluation approfondie de la validité des transferts.

4.2.4. Choix de la MPH

Nous avons montré que face à l'enjeu de l'évaluation des aménités environnementales, les économistes disposent de différentes méthodes, présentant chacune leurs avantages et leurs limites. Néanmoins, ce sont les méthodes qui disposent de solides fondements théoriques à savoir la MPH et la méthode d'évaluation contingente qui sont le plus souvent utilisées, en l'occurrence pour l'évaluation du bruit des avions.

Dans la présente recherche, le choix a été arrêté sur la méthode des prix hédoniques, car c'est logiquement la méthode qui répond le mieux à notre objectif : l'évaluation de l'impact du

bruit des avions sur les valeurs immobilières. Par ailleurs, d'autres arguments peuvent être avancés pour justifier le recours à la MPH.

Comme on l'a vu, d'un point de vue méthodologique, cette méthode offre plusieurs avantages :

- elle permet de traiter un échantillon plus large que les méthodes basées sur les enquêtes ;
- elle implique la discipline de la géographie de nombreuses manières. Par exemple, par l'utilisation du système d'Information géorgaphique aussi bien pour faire le croisement entre données sur les transactions immobilières et variables de localisation que pour mesurer les variables relatives à l'accessibilité, où la gamme des mesures possibles est très large. De même, la qualité de l'environnement résidentiel peut être efficacement mesurée par les méthodes de télédétection (Cavailhès *et al. 2007*). A l'instar de la géomatique, la statistique spatiale qui a également connu d'importants progrès ces dernières années est également impliquée dans la mise en œuvre de la méthode (test d'autocorrélation spatiale, etc.).

Par ailleurs, sur le plan politique, nous pensons que les résultats présentés dans cette recherche peuvent être d'une grande utilité par les pouvoirs publics. En France, il n'existe actuellement que très peu d'études dans ce domaine, et ce, malgré le réel besoin de l'évaluation des nuisances engendrées par les transports. Selon un rapport du Commissariat Général du Développement Durable : « *Les valeurs tutélaires utilisées en en France pour monétariser les nuisances environnementales générées par les transports sont anciennes et reflètent mal le coût réel de ces nuisances. […] ces valeurs doivent suivre les nouvelles orientations politiques qui prennent davantage en compte l'environnement. Des évolutions de la connaissance scientifique réalisées au cours de la décennie, permettent de réévaluer le coût de ces nuisances* » (Grageon, 2010). La réflexion sur la quantification des externalités environnementales, bien amorcé par le groupe Boîteux, doit donc être poursuivie, comme le souligne le Rapport lui-même, ainsi qu'un rapport du Ministère de l'environnement sur la politique soutenable des transports[38]. A cela s'ajoute un argument opérationnel. En effet, les méthodes d'évaluations produisent des résultats très différents. Comme l'a souligné le rapport de la Cellule de prospective et stratégie au Ministère de l'Environnement, les conventions retenues pour le calcul sont donc déterminants ;

[38] Cellule de prospective et de stratégie. Dominique Dron – Michel Cohen de Lara. Pour une politique soutenable des transports. La documentation française. Paris. 1995.

leurs acceptations par tous les interlocuteurs sont indispensables à l'utilisation de l'évaluation économique. « Si l'on veut éviter que les évaluations produites n'aient d'intérêt que pour leurs auteurs, il faut s'assurer que les conventions méthodologiques et le point de vue qu'elles instrumentent soient partagés par la communauté des utilisateurs des évaluations » (Cohen de Lara et Dron, 1997, p. 21). Or en France comme à l'étranger, il y a consensus sur l'usage de la MPH pour l'évaluation du bruit des transports. En témoignent les recommandations du Rapport Boîteux : les valeurs tutélaires pour le bruit des transports, en France, sont basées sur les valeurs des dépréciations immobilières dues au bruit, obtenu à l'aide de la MPH.

Enfin, plusieurs autres possibilités sont offertes par ce type d'approche, en l'occurrence pour l'analyse de l'inégalité environnementale qui est un sujet de recherche en vogue actuellement, comme le montre le livre très intéressant d'A. Baranzini et al. (Baranzini et al, 2008), intitulé: "*Hedonic Methods in Housing Markets.Pricing Environmental Amenities and Segregation*". Or, désormais banalisé dans de nombreux pays, la pratique de la MPH est demeure peu présente en France. L'usage de la MPH dans cette thèse permettra de monter l'opportunité de développer ce type d'approche.

4.3. La méthode des prix hédoniques: approche théorique et estimation empirique

4.3.1. Fondement théorique de la MPH

Cette section présente une brève présentation théorique de la MPH. Les lecteurs qui veulent aller plus loin peuvent se référer notamment à la thèse de M. Travers (2008) et à l'ouvrage d A. Baranzini et al. (2008) cité précédemment.

L'approche des prix hédoniques a vu le jour à partir des travaux de Court (1941), Timbergen (1956) et Lancaster (1966) et a été appliquée à la valorisation de l'environnement dès 1967 par Ridker et Henning. Cependant, c'est généralement le cadre théorique développé par Rosen (1974) sur lequel s'appuie cette méthode dans le cadre de la valorisation de la qualité environnementale. Le problème du consommateur consiste à maximiser la fonction d'utilité, qui dépend des caractéristiques du logement et des quantités des autres biens consommés, sous contrainte de son revenu et des prix des caractéristiques du logement, et des autres biens. Or, dans la réalité, les prix des caractéristiques du logement sont implicites et inobservables, seul le prix du «paquet» de caractéristiques est connu.

Pour connaitre le CAP des ménages pour chaque caractéristique, la démarche proposée par Rosen comporte deux grandes étapes. A la première étape, il faut estimer une fonction de prix où le montant du prix est fonction des attributs du logement : on appelle une telle fonction, une fonction de prix hédoniques. La dérivée partielle de la fonction des prix par rapport à chacun de ses arguments est le prix marginal de l'attribut correspondant à ce point : c'est ce qu'on appelle le prix hédonique de l'attribut. La seconde étape de la démarche consiste à utiliser les résultats de l'estimation de la fonction de prix pour estimer les fonctions de demande de chacun des attributs.

Formellement, le problème du consommateur s'écrit (Maleyre, 1994) :

$$MaxU = U(q', z_1, z_2, \dots, z_n)$$

Sous la contrainte:

$$Y = q' + p(z)$$

Avec

U= Utilité du consommateur

q' = autres biens consommés (bien composite)

z_i= caractéristique du logement

Y = revenu

p(z) = fonction de prix du logement

Si le marché est en équilibre, p(z) représente l'ensemble des points d'équilibre des consommateurs. Le prix maximum que le consommateur est disposé à payer, pour tout z_i et en conservant son niveau d'équilibre U, décrit sa fonction d'enchère :

$$\theta(z_1, z_2, \dots, z_n; U, Y)$$

Par ailleurs, p(z) représente pour tout z, le prix minimum exigé par le marché. Le consommateur maximise donc son utilité lorsque sa courbe d'enchère est tangente à la courbe de prix du marché p(z), c'est-à-dire lorsqu'on a :

$$\theta(z; U, Y) = p(z)$$

et que, pour toute caractéristique i ; l'enchère marginale est égale au prix marginal :

$$\theta(z; U, Y) = p_i(z)$$

Toutefois, ceci ne permet pas de déterminer qu'un point de la fonction de prix. Pour obtenir celle-ci entièrement, il faux introduire diverses courbes d'enchères. A l'équilibre, la fonction de prix p(z) est la courbe-enveloppe des fonctions d'enchères de l'ensemble des consommateurs.

La procédure d'identification des fonctions de demande de caractéristiques se déroule, comme on l'a expliqué, en deux étapes. La première consiste à estimer la fonction hédonique de prix *p(z)*, d'où l'on déduit les prix marginaux des caractéristiques :

$$\frac{\partial p(z)}{\partial z_i} = p_i(z)$$

La seconde étape conduit à l'identification des fonctions de demande. Les prix marginaux calculés sont introduits comme variables dépendantes dans les fonctions de demande pour les différentes caractéristiques :

$$p_i(z) = F_i(z_1, z_2, \dots, z_n; A)$$

Avec A, paramètre décrivant les préférences.

On obtient donc, pour chacune des caractéristiques, une fonction de demande implicite reliant les caractéristiques du ménage, les caractéristiques du logement et les prix de demande. On peut alors calculer l'élasticité-revenu et prix propres à chaque caractéristique.

4.3.2. La MPH appliquée au bruit des avions

L'approche hédonique cherche à vérifier l'hypothèse que le bruit des avions a un impact sur le montant du loyer ou le prix de vente du logement. Le prix ou le loyer est modélisé comme une fonction des caractéristiques structurelles, des caractéristiques de localisation, des caractéristiques de l'environnement physique et du niveau de bruit.

$$Pi = f(Li, Vi, Ai, Ei) \qquad (1)$$

L'équation 1 est appelée fonction de prix hédonique, où *Pi* représente la valeur du bien immobilier i ; *Li* représente un ensemble de caractéristiques propres (ou caractéristiques intrinsèques) au logement (nombre de pièces, état du logement, etc.) ; *Vi* représente un ensemble de variables de voisinage (densité et structure sociale de population, taux de délinquance, etc.) ; *Ai* regroupe les paramètres décrivant les conditions d'accessibilité (proximité des centres commerciaux, des écoles, des services municipaux, existence de moyens de transport public, etc.) et *Ei* représente les caractéristiques de l'environnement physique (tel que le niveau de pollution , de bruit, la présence d'espace vert etc.). *Vi,Ai* et *Ei* sont aussi appelées caractéristiques extrinsèques du logement.

Si les données s'étalent sur plusieurs périodes, on peut prendre cela en compte en intégrant des variables binaires relatives à chaque période dans les variables explicatives (Baranzini et al, 2008). La fonction de prix hédonique devient alors :

$$Pi = f(Li, Vi, Ai, Ei, Ti) \quad (2)$$

Où T*i* est sont des variables binaires relatives à chaque période de la transaction (sauf une pour la référence).

Comme indiquée dans la section précédente, le prix implicite, Pi(z)=$\partial p(z)/\partial z_i$ représente le consentement à payer marginal pour une augmentation d'une caractéristique structurelle, de voisinage ou de localisation considérée.

Comme nous l'avons expliqué, l'estimation des coefficients de la fonction de prix hédoniques ne constitue normalement que la première étape de l'estimation d'un modèle hédonique. Pourtant, rares sont les études sur le bruit des avions qui mettent en œuvre la seconde étape de la MPH[39] (Nelson, 2008). La raison principale est d'abord d'ordre pratique : il est difficile d'obtenir des caractéristiques socio-économiques à un niveau si peu agrégé. D'un point de vue théorique, Palmquist (Palmquist, 1992) montre que le CAP pour un changement environnemental peut être déterminé à partir de la première étape de l'estimation du modèle hédonique dans le cas d'une externalité « localisée ». Dans ce cas précis, se contenter de réaliser uniquement la première étape pour estimer le CAP semble acceptable. En effet, un changement

[39] Pour des exemples d'études qui ont estimé la seconde étape, voir Day et al. (2007), McMillan (1979), Pommerehne (1988), and Wilhelmsson (2002)

de la qualité de l'environnement localisé affecte seulement un petit nombre de propriétés du marché immobilier, de sorte que l'équation de prix d'équilibre n'est pas modifiée par le changement. En revanche, si le changement environnemental n'est pas localisé, le prix d'équilibre est modifié suite à la politique mise en œuvre. L'estimation de la seconde étape est alors nécessaire pour déterminer un consentement à payer non marginal. Selon J.P.Nelson (Nelson, 2008), la plupart des études considère que le bruit des avions est une externalité localisée. Dans le cadre de cette recherche, nous supposons également que le bruit des avions est une externalité localisée. Ainsi, l'estimation des prix marginaux implicites suffit pour estimer le CAP des ménages pour une modification du bruit des avions.

En pratique, les études retiennent le niveau de bruit des avions exprimé en décibel pour mesurer le niveau d'exposition au bruit du logement. Comme on l'a dit, les résultats sont souvent exprimés sous forme de pourcentage de dépréciation par décibel : le *Noise Depreciation (Sensitivity) Index* ou NDI (Walters, 1975). D'une manière générale, le NDI est calculé selon la façon suivante (Walters, 1975) :

$$NDI = \frac{Différenceenpourcentagededépréciation}{Différenceduniveaudebruit} \quad (3)$$

J.P. Nelson (2008) proposent une revue relativement récente[40] des littératures sur l'application de la MPH dans le domaine du bruit des transports dont le trafic aérien. Un examen de ces travaux met en lumière que les différentes applications n'ont généralement porté attention sur cinq questions : 1) la segmentation du marché, 2) la prise en compte de la dimension spatiale des données, 3) la question de l'ajustement du marché du logement et de l'information (dynamique), 4) la mesure du bruit, 5) l'usage de la méthode des préférences déclarées comme alternative à la MPH. Dans cette thèse, nous accordons des attentions particulières aux points 1, 2 et 4.

4.3.2.1. LA MESURE DE LA VARIABLE BRUIT

Pour que les prix ou loyers soient affectés par la qualité de l'environnement, cette dernière doit être perçue par les locataires ou acquéreurs pour qu'ils puissent l'intégrer dans leurs décisions. Ce fait détermine le choix de la variable représentant les phénomènes environnementaux (le bruit des avions dans notre cas) dans les régressions des prix hédoniques.

[40] Le lecteur pourra aussi trouver une présentation dans Lambert 2005.

Autrement dit, la variable de bruit utilisée devrait refléter la manière dont les individus perçoivent les nuisances sonores. En pratique, la plupart des applications empiriques utilise des données objectives ou mesure scientifique, c'est-à-dire les indices de bruit exprimée en dB(A). La raison de cette pratique est souvent liée la disponibilité des données. De plus, pour des fins politiques, l'utilisation des mesures scientifiques est plus convenable et transférable que les mesures subjectives.

Les mesures scientifiques sont généralement ceux utilisées dans les pays développés comme indicateur de nuisance sonore. Il s'agit des indices agrégés comme le NNI, NEF, LDN ou LAeq présentés dans le chapitre 2. Cependant, certains auteurs se sont interrogés sur la pertinence de ces indices agrégés comme mesures de la perception du bruit et recommandent plutôt l'utilisation d'un indice de bruit au passage des avions (EPNL = *Effective perceived Noise Level*) complété par le nombre d'événements au-dessus d'un seuil (75 EPNL par exemple) (Levesque, 1994). Mais ces données sont rarement disponibles. Le LAmax a été utilisé dans une seule étude, mais ne reflète pas correctement l'exposition au bruit dans la mesure où il ne tient pas compte du nombre de mouvements d'avions.

Par ailleurs, A. Baranzini et C. Schaerer (2008) se sont également intéressés sur la pertinence de ces indices scientifiques. Ils comparent quant à eux l'utilisation des mesures scientifique et perçues du bruit à l'aide d'un modèle hédonique. Ils ont testé si, sur le marché du logement genevois, la mesure scientifique du bruit routier est un bon instrument pour approximer le bruit externe réellement perçu par les résidents. Ils trouvent que pour des niveaux de bruit modérés à élevés, il y a convergence des résultats obtenus avec les deux mesures. Il est donc possible de baser l'étude sur les mesures scientifiques du bruit, sans risque de biaiser sérieusement les résultats obtenus.

4.3.2.2. MODE DE PRISE EN COMPTE DE LA VARIABLE BRUIT DES AVIONS DANS LE MODELE

Pour intégrer la variable bruit des avions, plusieurs approches existent.

La première consiste à l'intégrer la variable sous forme de variable continue (par exemple Salvi (2008) ; Dekkers et Van der Straaten, (2009); Lijesen et al. (2010), etc.).

La seconde approche, qui donne aussi beaucoup de résultats dans les études de prix hédoniques récentes, est l'introduction de variables binaires correspondant à un certain zonage :

le classement des zones selon le niveau d'exposition au bruit. Cette approche a l'avantage de tenir compte des effets marginaux non constants du bruit. Les exemples d'études dans ce domaine incluent Cohen et Coughlin (2007) ; Bréchet et al. (2009), Dekkers et Van der Straaten, (2009). Cependant, selon Nelson (2008), une attention particulière doit être accordée à la relation non linéaire appropriée entre le niveau de bruit et les prix ou loyers des logements. Des changements du niveau de bruit de l'ordre de 3 à 5 dB(A) sont généralement perceptibles. Or, certaines études utilisent des variables binaires par intervalle de 10B(A) ou plus, ce qui est excessif. Dans cette étude, nous allons montrer l'intérêt d'utiliser des données fines de mesure du bruit.

Une autre difficulté des études consiste à isoler l'effet négatif du bruit des avions de celui positif de l'accessibilité à l'aéroport pour ceux qui y travaillent (ou dans les services liées) mais aussi pour les résidents prenant souvent l'avion. Les études contrôlent ces effets en exploitant le fait que les courbes de bruit constant ont une forme allongée et non pas des cercles concentriques autour de l'aéroport. Autrement dit, deux habitations situées à une même distance par rapport à l'aéroport peuvent être soumises à des niveaux de bruits différents. Par conséquent, la corrélation entre bruit et distance par rapport à l'aéroport est faible.

Une autre difficulté concerne le choix du niveau de bruit à partir duquel on considère qu'il y a dépréciation. En effet, le choix de la valeur seuil peut influencer les résultats obtenus (Dekkers et al, 2009). Le niveau typique de bruit de fond dans les zones urbaines est d'environ 50-60 dB(A) durant la journée et 40 dB(A) pendant la nuit (Nelson, 2004). Cependant, certaines études ignorent le niveau de bruit de fond et le traite implicitement comme la valeur zéro. D'autres considèrent ce seuil à 50-55 dB(A), voire un peu moins. Navrud (2002) révèle que la valeur seuil utilisée par les autorités en Europe et en Amérique du Nord dans l'évaluation du bruit des transports est généralement de 55 dB(A). Toutefois, la réalité montre que la gêne sonore est élevé même à un niveau de bruit en-dessous de cette valeur seuil. Ainsi, pour éviter une sous-estimation des bénéfices liés à la réduction du bruit, la valeur seuil doit être descendue à au moins 50 dB(A). Ce point a été bien démontré par Brian et Pearce (2000) qui montrent que, lorsque l'objectif de bruit de fond est réduit de 55 à 50 dB(A), le coût total des nuisances dues au bruit de l'Aéroport de Londres Heathrow est passé de 37,4 £ à 66,2 £ (en millions) par an. Les chercheurs doivent donc expérimenter avec une valeur seuil de 50 dB(A), même si la règlementation considère une valeur plus élevée.

Enfin, seules quelques études ont pris en compte la situation de multi-exposition au bruit dans les modèles hédoniques. G. Faburel et I. Maleyre (Faburel et Maleyre, 2007) traitent cette situation en supprimant de la base les logements exposés à la fois à un niveau de bruit routier élevé. J. Dekkers et al (Dekkers et al, 2008) quant à eux ont introduit simultanément dans une régression hédonique, en plus de la variable représentant le bruit des avions, des variables représentant le bruit des transports terrestres (route, rail).

4.3.3. Limites et difficultés empiriques liées à la mise en ouvre de la MPH et leurs résolutions

De nombreuses difficultés communes à toutes les études recourant à la MPH doivent également être surmontées. Des difficultés d'ordre théorique, méthodologique et statistique.

4.3.3.1. DIFFICULTES THEORIQUES

Plusieurs hypothèses sont retenues implicitement par la méthode des prix hédoniques. On considère notamment que:

- le marché immobilier est homogène (non segmenté), fluide (ce qui est rarement le cas) ;
- le prix des habitations est fonction de leurs caractéristiques, qu'il est connu par les acheteurs qui par ailleurs ont un large choix sur ce marché (grande différenciation entre les logements du point de vue de leurs caractéristiques, dont le niveau d'exposition au bruit) ;
- les coûts d'information et de transaction sont nuls ;
- les résidents ont une connaissance parfaite des effets du bruit et qu'ils tiennent compte de ces effets lorsqu'ils choisissent leur habitation ;
- les résidents évaluent de la même façon les caractéristiques des habitations (fonction d'utilité identique) (Lambert, 2005).

4.3.3.2. DIFFICULTES METHODOLOGIQUE

Ces difficultés résident tout d'abord dans le choix des variables explicatives des prix ou loyer, c'est-à-dire les attributs ou caractéristiques du logement. Il s'agit également du choix de la forme fonctionnelle : la plupart des études retiennent une fonction log-log, certaines études utilisent cependant une fonction linéaire ou semi-log. Suivant la fonction retenue, des différences significatives dans les taux de dépréciation peuvent être observées.

4.3.3.2.1. LE CHOIX DES VARIABLES EXPLICATIVES

Selon I. Maleyre (1990), deux pratiques sont *a priori* envisageables : la première est uniquement guidée par un souci d'exhaustivité et consiste donc à introduire dans la fonction toutes les variables susceptibles d'influencer le prix des logements. Le choix peut être vaste. Mais I. Maleyre souligne que cette pratique doit être rejetée sans hésitation : il est établi que la multiplication des variables non seulement n'améliore pas significativement le pouvoir explicatif du modèle mais encore se heurte rapidement à un problème de multicolinéarité[41] et par conséquent détériore la qualité des paramètres estimés. La bonne méthode ne consiste donc pas selon l'auteur à collecter sans discernement un maximum de variables, mais à en sélectionner quelques unes sur la base du principe justifiant l'analyse hédonique des prix. Pour sélectionner lesdites variables, on s'appuie en fait plus ou moins explicitement sur les enseignements de l'analyse économique, c'est à dire sur l'économie immobilière et l'économie spatiale. Les variables explicatives du prix des logements peuvent ainsi être classées en deux catégories qui décrivent les unes, le logement lui-même (ou caractéristiques intrinsèques) et les autres sa localisation au sens large, c'est-à-dire aussi bien géographique que socio-économique (caractéristiques extrinsèques).

Les caractéristiques intrinsèques sont en général, et dans la mesure où les données disponibles le permettent : surface habitable, nombre de pièces du logement, niveau d'équipement (nombre de salles de bain, garages, etc.), variables représentatives de la qualité du bâti (l'âge du bâtiment pouvant notamment représenter son état physique), type de logement (individuel ou collectif), bien que de nombreuses études se limitent à un seul type.

Les caractéristiques extrinsèques sont destinées à saisir l'effet sur le prix du logement d'éléments externes à lui-même. Les variables qui décrivent les caractéristiques socio-économiques du logement sont souvent classées en deux groupes : les variables géographiques décrivant la localisation du logement dans l'espace et exprimées en termes de distances, et les variables décrivant la qualité physique et sociale du logement. Parmi les variables géographiques dont l'introduction s'appuie sur les résultats de la théorie de la localisation résidentielle, on peut citer : a) la distance au(x) centre(s) qui n'a en fait de sens que si l'on s'adresse aux marchés locaux ; b) la distance à différents équipements collectifs (commerces, écoles, hôpitaux, etc.). Le choix des variables décrivant l'environnement physique et social est

[41] Voir section 4.3.3.3.1. pour la définition de la multicolinéarité.

beaucoup plus vaste et délicat : en général, ces variables ont une incidence faible sur le prix et l'interprétation de leur relation avec le prix du logement n'est pas toujours claire. Parmi les variables les plus fréquemment rencontrées, censées saisir le niveau social du quartier, nous pouvons néanmoins citer celles qui décrivent le niveau scolaire du quartier (taux de scolarisation, taux de succès aux examens, etc.), le revenu moyen ou médian du quartier, des variables décrivant la structure socioprofessionnelle (pourcentage des cadres, employés et ouvriers). On s'attend généralement à une liaison positive. L'hypothèse étant que les ménages sont prêts à payer davantage pour un logement donné, lorsque celui-ci est situé dans un environnement socialement élevé. Les variables sensés saisir les qualités physiques de l'environnement sont également fort diverses : qualité du bâti (pourcentage des logements dégradés dans le quartier par exemple), densité de construction, voire la qualité des espaces publics.

4.3.3.2.2. LE CHOIX DE LA FORME FONCTIONNELLE

Le choix de la forme de la fonction aura d'importantes conséquences sur les résultats obtenus à l'aide de la HPM. Bien que les tests statistiques tendent à montrer que toutes les formes sont acceptables, certaines sont préférables à d'autres dans certaines situations.

Le fait que la théorie économique soit si peu contraignante, quant à la forme de la fonction des prix hédoniques laisse le choix à l'appréciation du chercheur. Quelle que soit l'option choisie, il convient d'interpréter proprement la fonction comme étant une approximation de la véritable fonction des prix hédoniques. Il a été montré comment l'utilisation d'une forme inappropriée pouvait mener à une estimation erronée du prix marginal implicite d'une caractéristique donnée.

Il existe deux grandes familles de fonctions : les fonctions dites « flexibles » et celles dites «restrictives». Les fonctions «restrictives» incluent les fonctions linéaire, semi-logarithmique, log-linéaire, double log et Box-Cox linéaire, qui ne sont rien d'autres que des cas spéciaux des formes flexibles que sont les fonctions quadratique, semi-log quadratique, translog et Box-Cox quadratique.

Déjà en 1974, Rosen montrait le caractère pour le moins irréaliste d'une fonction linéaire selon laquelle les prix implicites des attributs sont constants (les dérivées de ce genre de fonction sont constantes) et ne dépendent donc ni du prix du bien immobilier ni de la composition de son panier de caractéristiques. Selon Rosen, la non-linéarité de la fonction

provient du fait que le choix des ménages est limité aux propriétés existantes. Ces propriétés possèdent un panier de caractéristiques qui n'est pas aisément ajustable et il n'est pas possible pour les ménages de pouvoir obtenir exactement la composition voulue (souvent, l'éventail des types possibles de logement est limité).

D'autres auteurs discutent également la spécification appropriée pour une fonction de prix hédonique et recommandent l'utilisation de la transformation de Box-Cox. Cropper et al. (1988) étudient la performance de six formes fonctionnelles différentes. Quand tous les attributs sont parfaitement observés, ils montrent que le modèle Box-Cox linéaire et le modèle Box-Cox quadratique fournissent la plus petite erreur dans l'estimation des prix marginaux des caractéristiques. En revanche, quand certains attributs ne sont pas observés ou mesurés avec erreur, alors les formes fonctionnelles linéaires et Box-Cox linéaire fournissent l'erreur la plus faible.

Cependant, la littérature sur le choix d'une forme fonctionnelle appropriée pour estimer un modèle hédonique ne fournit pas, à l'heure actuelle, de réponse définitive. On peut néanmoins souligner les trois points suivants (Terra, 2005):

- La forme linéaire est la plus simple à estimer et à interpréter, mais elle n'est généralement pas adaptée.
- La forme log-linéaire est également facile à estimer mais son interprétation est plus complexe. En effet, certains paramètres, notamment pour les variables binaires, ne sont pas directement interprétables. Mais cette difficulté peut être aisément surmontée par une présentation adéquate.
- les modèles de Box-Cox sont plus difficiles à estimer et à interpréter. Leur avantage réside surtout dans leur plus grande généralité : les autres formes évoquées en sont des cas particuliers.

Ainsi, en pratique, les modèles estimés présentent souvent une variable expliquée en logarithme.

4.3.3.2.3. LA SEGMENTATION DU MARCHE

L'étude des marchés immobiliers fait souvent apparaître une segmentation de ces marchés. Un marché de logement métropolitain pourrait en effet être segmenté en des multiples sous-marchés ayant chacun leurs caractéristiques en fonction du type, des caractéristiques

structurelles, des équipements du marché et des nuisances, de l'âge des occupants, du revenu, de catégories professionnelles ou sociales, de l'identité ethnique ou raciale (Goodman et Thibodeau, 1998).

Cette segmentation provient entre autres de l'inélasticité de la demande des ménages pour certaines caractéristiques des logements ou encore de diverses barrières institutionnelles. Elle conduit à des variations persistantes et significatives des caractéristiques des logements et de leurs prix dans les différents sous-marchés. Dans ces conditions, estimer une relation « globale » entre le prix du logement et ses caractéristiques, relation s'appliquant de la même façon sur tous les échantillons étudiés, est susceptible de masquer des différences importantes (Le Gallo, 2000).

La segmentation du marché est une question empirique importante concernant l'application de la MPH pour l'évaluation du bruit.

Pour tenir compte de la segmentation du marché, la tendance actuelle est alors d'estimer un modèle hédonique distinct pour différents sous marchés. La définition des sous-marchés séparés peut prendre plusieurs formes. Par exemple, dans leurs études sur le bruit des transports en Suisse, Baranzini et Ramirez (2005) distinguent les appartements du secteur locatif privé et public. Ils aboutissent à des valeurs du NDI différentes pour le bruit des avions dans les deux sous-marchés. Rich et Nielsen (2004) distinguent quant à eux les maisons et les appartements lorsqu'ils étudient l'impact du bruit à Copenhague. Ils considèrent que les maisons et les appartements font appel à différents segments de consommateurs. Les résultats statistiques montrent que les deux marchés sont différents. Uyeno et al (1993) montrent également qu'en estimant le NDI, il est important de faire la différenciation entre différents types de bien. La distinction a été faite entre les maisons individuelles et les appartements car il était supposé que le bruit des avions a moins d'effets sur les appartements. En effet, les ménages habitant un appartement sont généralement plus mobiles et les appartements sont généralement mieux insonorisés que les maisons. Enfin, une approche plus sophistiquée de la segmentation des marchés se trouve dans une série d'articles de Day (2003) et Day et al (2006) concernant Glasgow, en Écosse, et Bateman et al (2004) et Day et al (2007) concernant Birmingham, en Angleterre. Afin d'identifier les sous-marchés similaires au niveau des structures ou de la localisation, ces études utilisent l'analyse des « clusters ». Pour Glasgow, quatre « clusters » sont considérés : les propriétés occupées par les résidents ethniques écossais ; les propriétés occupées par les minorités ethniques ; les grandes propriétés urbaines occupées par les jeunes

professionnels fortement mobiles ; et les grandes propriétés dans les banlieues riches. Pour Birmingham, il y a huit classes définies selon l'identité ethnique, l'âge des occupants, la richesse (riche/pauvre), la taille de la propriété (standard/grande) et l'emplacement géographique (nord/sud/ouest).

Aussi, dans leurs travaux, de nombreux auteurs se restreignent soit aux maisons individuelles soit aux appartements. Dans notre étude, nous allons estimer des fonctions hédoniques séparées pour les maisons et les appartements.

4.3.3.3. DIFFICULTES STATISTIQUES ET ECONOMETRIQUES

Une des principales difficultés économétriques est celle de la séparabilité des facteurs explicatifs du prix des habitations et de la multicolinéarité. Certaines variables sont souvent liées et il n'est pas toujours possible d'évaluer leur poids respectif. Une deuxième difficulté concerne l'autocorrélation spatiale des erreurs et l'hétéroscédasticité.

4.3.3.3.1. LA MULTICOLINEARITE DES VARIABLES EXPLICATIVES

Les modèles hédoniques souffrent généralement de problèmes de colinéarité entre les variables explicatives. L'existence d'une colinéarité peut perturber les estimations des paramètres du modèle. Une telle colinéarité peut exister, même lorsque les coefficients de corrélation linéaire entre les variables *X1, ...Xp* sont faibles (Foucart, 2006). Les conséquences de la colinéarité statistique entre les variables explicatives sont les suivantes (Foucart, 2006):

- les coefficients de régression estimés peuvent être élevés en valeur absolue ;
- leurs signes peuvent être contraires à l'intuition ;
- les variances des estimateurs peuvent être élevées ;
- les coefficients de régression et le coefficient de corrélation multiple sont instables par rapport aux coefficients de corrélation entre les variables explicatives.

La colinéarité statistique crée donc des difficultés importantes dans l'interprétation des résultats. Par exemple, le fait que le signe d'un coefficient de régression puisse être changé par la colinéarité peut être particulièrement gênant pour étudier l'effet propre d'une variable *Xj* sur le prix.

Pour ce qui est des variables intrinsèques (comme la surface du logement, le nombre de pièce, etc.) et pour autant qu'elles ne soient pas corrélées avec le niveau de bruit, la

multicolinéarité n'est pas un problème. Certes, les paramètres risquent d'être estimés de façon imprécise, mais cela n'affectera vraisemblablement pas l'estimation du paramètre d'intérêt et donc du prix implicite (Terra, 2005).

Si on se trouve par contre en présence de variables hautement corrélées avec la variable étudiée (ici le bruit des avions), alors il faut en tenir compte, sous peine de biaiser les résultats obtenus. Il n'y a pas vraiment de solution au problème de colinéarité si ce n'est la sélection attentive de données.

L'analyse en composantes principales fournit une solution mais, réduit l'interprétabilité des résultats puisqu'elle ramène un groupe de variables corrélées à une seule variable censée refléter l'effet total du groupe de variables. D'autres possibilités plus techniques existent pour surmonter ce problème mais elles se font toujours au détriment de l'interprétabilité des résultats. Il est nécessaire de rappeler que plus on mesure précisément les variables, plus on diminue le risque de colinéarité.

4.3.3.2.3. L'AUTOCORRELATION SPATIALE DES ERREURS

La détection et la correction du problème d'auto corrélation spatiale nécessitent le recours à des techniques économétriques plus avancées et ne peuvent s'effectuer que si les données disponibles sont géo-référencées. J. Le Gallo (Le Gallo, 2000) et H. Jayet (Jayet, 2001) présentent quelques éléments sur la prise en compte des aspects spatiaux dans la MPH.

L'estimation économétrique des modèles de prix hédoniques avec la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) requiert, entre autres hypothèses, l'indépendance des erreurs résiduelles. En effet, les résidus dans les modèles de prix hédoniques sont souvent corrélés spatialement. Ce qui signifie que les estimations des MCO ne sont pas biaisés, mais inefficaces et les écarts-types des estimations sont biaisées. L'autocorrélation spatiale des erreurs proviennent de plusieurs sources:

- les logements voisins partagent des caractéristiques structurelles et de voisinages communs, et ainsi les processus se diffusent dans l'espace ;
- une mauvaise spécification du modèle, comme des variables omises spatialement auto-corrélées, une forme fonctionnelle incorrecte, des données manquantes ou d'erreurs de mesures.

La prise en compte de l'autocorrélation spatiale dans les modèles des prix hédoniques constitue aujourd'hui un thème de recherche actif, après avoir longtemps été ignoré, compte-tenu de la complexité des procédures d'estimations et de la non-disponibilité d'une base de données géo-référenciée (contenant des coordonnées X et Y de chaque transaction). Des auteurs comme Can (1992), Can et Megbolubs (1997) ont développé et appliqué les connaissances en économétrie spatiale dans le modèle des prix hédoniques. Quelques études récentes sur le bruit des avions ont traité ce problème (citons en exemple : R. Dubin (1992), M. Salvi (2003), M. A. Theebe (2004), J.P. Cohen & C.C. Coughlin (2006), Dekkers et Willemijn van der Straaten (2009).

Selon Nelson (2008) : une bonne spécification du modèle peut dans certains cas résoudre le problème. Cependant, le simple ajout de plus de variables de localisation n'est pas nécessairement la meilleure solution, en raison des problèmes de multicolonéarité et des limites de la théorie. Les statistiques spatiales peuvent être utilisées pour une meilleure résolution de ce problème.

L'autocorrélation spatiale est formalisée à partir de la « matrice de poids » qui donne lieu à des coefficients d'autocorrélation détectant la présence de la dépendance spatiale. Il y a deux coefficients de mesure de l'autocorrélation spatiale : celui de Geary, s'inspirant du test de Durbin-Watson et celui de Moran qui est basée en partie sur l'équation de corrélation. Le test de Moran (1948) est la plus utilisée (encadré 2).

Lorsque l'autocorrélation spatiale est détectée, sa prise en compte dans les modèles économétriques peut s'effectuer :

- soit par un modèle *autodégressif spatial ou SLD (spatial-lag-model),* qui consiste à inclure des *variables spatiales décalées*, endogènes ou exogènes dans le modèle. Il s'écrit de la manière suivante :

$$P = \rho Wp + X\beta + \varepsilon$$

où Wp est la variable endogène décalée pour la matrice de poids W, ρ est le paramètre spatial autodégressif indiquant l'ampleur de l'interraction existant entre les observations de P.

- soit par un modèle avec autocorrélation spatiale des erreurs ou SED (spatial-error-model). Il s'écrit de la manière suivante :

$$P = X\beta + WZ\delta + \varepsilon$$

Où Z est une matrice de dimension (N, L) de L diverses variables correspondant ou non aux variables incluses dans X. WZ est alors la variable exogène décalée pour la matrice de poids W et δ est le vecteur des paramètres spatiaux indiquant l'ampleur de la corrélation spatiale existant entre les observations de p et celles de Z.

L'estimation de ces modèles nécessite des méthodes d'inférence adaptées. Les méthodes d'estimation les plus utilisées sont la méthode du maximum de vraisemblance, la méthode des variables instrumentales ou celles des moments généralisées. Les méthodes d'inférence, en général basées sur le principe du maximum de vraisemblance, servent à tester la présence de l'autocorrélation spatiale dans les modèles et à déterminer la forme de cette dernière. L'encadré 3 résume les règles de décision dans le choix du modèle spatial à estimer (Le Gallo, 2000).

Matrice de poids et variables spatiales décalées

Pour capter l'interdépendance entre régions, il faut considérer leurs positions relatives. Pour cela, on doit spécifier de manière exogène la topologie du système spatial en construisant une matrice de poids. Cette matrice est une matrice carrée, ayant autant de lignes et de colonnes qu'il y a de zones géographiques (on note *N* le nombre de régions), où chaque terme *w ij* représente la façon dont la région *i* et la région *j* est connectée spatialement.

Les matrices les plus utilisées sont les *matrices de contiguïté*. La contiguïté entre deux régions se définit par le fait qu'elles ont une frontière commune et chaque terme de cette matrice est égal à 1 si les régions sont contiguës à l'ordre 1 et 0 sinon (par convention, une région n'est pas contiguë avec elle-même : *wii* = 0,∀). Cette notion de contiguïté peut être généralisée : deux régions *i* et *j* sont contiguës à l'ordre *k* si *k* est le nombre *minimal* de frontières à traverser pour aller de *i* à *j*.

Ces matrices de contiguïté sont souvent utilisées en raison de leur simplicité mais apparaissent restrictives pour ce qui est de leur définition de la connexion spatiale entre régions. Une autre possibilité consiste à utiliser des *matrices de distance*. On suppose dans ce cas que l'intensité de l'interaction entre deux régions *i* et *j* dépend de la distance entre les centroïdes de ces régions. Plusieurs indicateurs peuvent être utilisés selon la définition de la distance : distance à vol d'oiseau, distance par routes ou généralisation aux temps de transport ou à des indices d'accessibilité.

Diverses spécifications sont également disponibles, les plus utilisées étant la fonction exponentielle négative (1) ou une fonction de l'inverse de la distance (2). Si *dij* désigne la distance entre la région *i* et la région *j*, les éléments de la matrice de distance pour ces deux cas sont définis par :

$$(1)\boldsymbol{wij} = \boldsymbol{e^{-\propto dij}}$$

$$(2)\ \boldsymbol{wij} = \begin{cases} \boldsymbol{d_{ij}^{-\beta}} \textbf{si} \boldsymbol{d_{ij}} < \boldsymbol{\bar{d}} \\ \boldsymbol{0} \textbf{sinon} \end{cases}$$

$\propto$ et $\boldsymbol{\beta}$sont des paramètres déterminés *a priori*, $\boldsymbol{\bar{d}}$est la valeur seuil au-delà de laquelle on suppose que les régions *i* et *j* ne sont pas connectées.

Les matrices de poids sont souvent standardisées : chaque élément *wij* de la matrice est divisé par la somme totale de la ligne$\sum \boldsymbol{wij}$. Les poids sont alors compris entre 0 et 1 et cette opération rend les paramètres spatiaux comparables entre les modèles économétriques.

L'interprétation des poids est également modifiée. Par exemple, dans le cas d'une matrice de distance, standardiser la matrice de poids signifie qu'on suppose que la connexion entre deux régions dépend de la distance *relative* entre elles et non plus de la distance *absolue*.

On définit enfin la *variable spatiale décalée ("spatial lag"*), qui pour *N* régions est associée à la matrice de poids *W* et la variable aléatoire *x*, qui est définie par le vecteur (*N*, 1) : *Wx*. Lorsque *W* est une matrice standardisée, l'ième élément de la variable spatiale décalée contient la moyenne pondérée des observations des régions voisines à la région *i*. Cette variable joue un rôle primordial dans la spécification des modèles économétriques spatiaux.

Le test de Moran

Le test de Moran (1948) s'écrit formellement de la façon suivante :

$$\boldsymbol{I} = \frac{\sum_i \sum_j \boldsymbol{wij}(\boldsymbol{xi} - \bar{\boldsymbol{x}})}{\boldsymbol{S_0}} \Big/ \frac{\sum_i (\boldsymbol{xi} - \bar{\boldsymbol{x}})^2}{\boldsymbol{N}}$$

Avec $\boldsymbol{S_0} = \sum_i \sum_j \boldsymbol{wij}$ et $\bar{\boldsymbol{x}} = (\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{N}}) \sum_i \boldsymbol{xi}$

Le numérateur s'interprète comme la covariance entre les unités contiguës, chaque contiguïté étant pondérée par$\boldsymbol{wij/S_0}$. Elle est normalisée par le dénominateur qui est la variance totale observée.

Les valeurs attendues pour les grands échantillons varient entre -1,00 et +1,00 ; l'absence d'autocorrélation tend vers zéro. Une autocorrélation spatiale positive est une valeur supérieure à 0 et une autocorrélation négative est représentée par une valeur inférieure à zéro. Le coefficient I est sensible aux valeurs extrêmes.

Sous l'hypothèse nulle (H0), I se rapproche d'une distribution normale quand la taille de l'échantillon augmente. Pour tester la signification du coefficient, on peut utiliser le test « t » de Student ou les tester comme des valeurs centrées réduites (Cliff et Ord, 1973).

Encadré 1: Matrice de poids et test de Moran.

Source : L'auteure, d'après Le-Gallo, 2000.

1. La première étape consiste à estimer le modèle simple par la méthode des MCO et à effectuer le test de Moran (et le test SARMA : test joint de présence d'autocorrélation des erreurs et d'une variable autodégressive). Le rejet de l'hypothèse nulle indique une mauvaise spécification du modèle ou une omission de l'autocorrélation spatiale. Les tests LMEER et MLLAC et leurs versions robustes permettent de spécifier la forme de l'autocorrélation spatiale.

2. Si les résultats des tests indiquent une présence de dépendance spatiale, il est souvent utile de commencer par inclure dans le modèle, si possible, des variables supplémentaires. Il peut s'agir des variables exogènes supplémentaires qui sont susceptibles d'éliminer la dépendance spatiale (si cette dernière provient d'une mauvaise spécification) ou des variables exogènes décalées spatialement (Florax et Folmer, 1992).

3. Si l'ajout de variables exogènes supplémentaires n'a pas éliminé l'autocorrélation spatiale, il faut alors estimer un modèle incorporant une variable autodégressive ou une autocorrélation des erreurs. Le choix entre ces deux formes de dépendance spatiale en comparant les niveaux de significativité des tests de Lagrange s'effectue selon les valeurs relatives des tests du multiplicateur de Lagrange LMEER, LMLAC et leurs versions robustes.

- Si l'on ne considère que le LMEER et LMLAC, Anselin et Rey (1991) et Florax et Folmer (1992) proposent de choisir l'une ou l'autre forme fonctionnelle ou en appliquant la règle de décision simple suivante :
- Si le test du modèle autodégressif n'aboutit pas au rejet de l'hypothèse nulle, alors que le test de l'autocorrélation des erreurs rejette l'hypothèse nulle, ou si les deux tests aboutissent au rejet de l'hypothèse nulle et que le deuxième test est plus significatif que le premier, on choisit le modèle avec autocorrélation des erreurs.
- Si le test du modèle autodégressif aboutit au rejet de l'hypothèse nulle, ou si les deux tests aboutissent au rejet de l'hypothèse nulle et que le premier test est plus significatif que le test de l'autocorrélation des erreurs, alors, on choisit le modèle autodégressif.
- Anselin et Florax (1995) affinent cette règle de décision en la complétant par l'utilisation des tests robustes : si le LMLAC est plus significatif que le LMEER et RLMLAG est significatif mais pas RLMEER, on inclut une variable endogène décalée. D'une façon similaire, la présence d'une autocorrélation des erreurs peut être identifiée à travers RLMEER. Dans ce dernier cas, le test du facteur commun doit encore être effectué pour vérifier que le modèle avec autocorrélation des erreurs est le meilleur.

4. Une fois que le modèle spatial adéquat a été estimé, trois tests supplémentaires peuvent être mobilisés :

- Pour un modèle autodégressif, le test de LMEER permet de savoir si une autocorrélation spatiale des erreurs est encore nécessaire.
- Pour un modèle avec autocorrélation des erreurs, le test de LMLAG permet de savoir si une variable endogène décalée est encore nécessaire.

5. Si plusieurs modèles restent encore en compétition, le test J set à comparer des modèles spatiaux comportant des matrices de poids différents.

Encadré 2: Les différents tests de spécification permettant de choisir la meilleure spécification d'un modèle spatial.

Source : D'après Le Gallo, 2000, p.35-36

4.3.3.2.4. L'HETROSCEDASTICITE

En général, l'hétéroscédacticité provient des variables manquantes ou de toute autre forme de mauvaise spécification. En outre, lorsqu'on travaille sur des données localisées, les unités spatiales utilisées ne sont généralement ni régulières, ni homogènes : elles peuvent avoir des formes ou des aires différentes, des niveaux de développement technologique variables, des populations plus ou moins importantes, etc.

Pour vérifier l'hétéroscédasticité, on peut utiliser le test de White (1980). Alternativement, des tests plus puissants peuvent être utilisés lorsque la forme de l'hétéroscédasticité est correctement spécifiée, par exemple : le test de Breusch-Pagan (1979).

En présence d'hétéroscédasticité, les estimateurs des MCO ne sont pas biaisés mais sont inefficaces (au sens d'être l'estimateur linéaire à variance minimale), il faut donc utiliser d'autres méthodes économétriques, comme, par exemple, la méthode des moindres carrés généralisés (MCG).

4.4. Une certaine méconnaissance de la question dans le cas français, excepté le cas d'Orly

Désormais banalisée dans de nombreux pays, l'évaluation de l'impact du bruit des avions à l'aide de la méthode des prix hédoniques demeure très peu présente en France, excepté le cas de l'aéroport de Paris- Orly. L'objectif de notre recherche est de développer ce type d'approche en France. Pour avoir un aperçu de la situation sur l'aéroport de Paris-Orly pour lequel nous ne disposons pas de base de données, cette section présente les résultats de l'étude réalisée par G. Faburel et I. Maleyre (Faburel et Maleyre, 2007), intitulé : « Le bruit des avions comme facteur de dépréciations immobilières, de polarisation sociale et d'inégalités environnementales. Le cas d'Orly » et parue dans la revue « *Développement Durable et Territoires. Dossier n°9, Inégalités écologiques, inégalités sociales ».*

4.4.1. Données

Comme dans nos estimations, les données sur les prix et les caractéristiques structurelles des transactions proviennent de la base BIEN. Elle couvre les transactions réalisées dans huit communes du Val – de Marne : Boissy – Saint – Léger, Valenton, Villeneuve – Le- Roi, Villeneuve – Saint – Georges, Limeil-Brévannes, Ablon-sur-Seine, Sucy-en-Brie, Marolles-en-Brie.

L'indice acoustique utilisé est le Lmax, pondéré par le nombre de mouvements. Ces données proviennent de la campagne de mesures acoustiques menée par le Béture en 1995, sur huit communes du Val-de-Marne proches de l'aéroport d'Orly, pour le compte du Conseil Général du Val-de-Marne (Béture 1996). G. Faburel et I. Maleyre (2007) expliquent les raisons du choix de cette variable : « D'abord, *cet indice est considéré comme particulièrement adapté à la représentation de la signature acoustique du bruit des avions, caractérisée par des émergences au passage des aéronefs, dans des environnements sonores par ailleurs « calmes », alors que les indices représentant des niveaux sonores moyens sur une période de temps ample (Leq 6-22 heures par exemple) sont mieux adaptés à des ambiances sonores régulières. Néanmoins, le recours à l'indice Lmax n'est justifié que si les lieux sont suffisamment exposés au bruit des avions pour qu'il y ait bien « émergence » par rapport au bruit urbain produit par les activités locales, comme c'est effectivement le cas des points de mesure définis par le Béture.* Deuxièmement, *depuis longtemps, les représentants locaux, associatifs et politiques, demandent à ce que les « émergences » soient prises en compte par les autorités aéroportuaires, en complément des indices moyennés normés utilisés par les instances officielles (administration centrale, opérateurs aéroportuaires…).* Enfin, *certains travaux économétriques montrent que ces émergences sonores peuvent avoir sur la valeur vénale des logements des impacts bien plus importants que le même événement sonore représenté par une moyenne (Levesque, 1994). »* (Faburel et Maleyre, 2007, extrait, page 5). Il a été admis que les niveaux d'exposition sonore autour de Paris-Orly pourraient être considérés comme stables depuis le plafonnement à 250 000 créneaux en 1995.

4.4.2. Constitution de l'échantillon

Les échantillons analysés appartiennent à trois zones de bruit de l'étude Béture : le niveau moyen d'exposition de chacune des zones est donc affecté aux logements de la base BIEN, géo référenciés par leur adresse. Pour réduire les effets de seuil inhérents au procédé, les transactions situées dans une bande d'un kilomètre, de part et d'autre des frontières de zone ont été éliminées. L'échantillon a ensuite été apuré de manière à ne retenir que les logements exposés au seul bruit des avions, et présentant des niveaux d'exposition suffisamment contrastés pour que l'effet de cette exposition sonore sur le prix des logements soit statistiquement significatif.

Les huit communes de la zone d'étude se caractérisent par un tissu urbain ancien et dense, dans lequel un certain nombre de lieux sont exposés à des sources de bruit multiples.

Pour ne pas attribuer au seul bruit des avions la responsabilité de décotes immobilières causées par d'autres bruits de transport, ces lieux de multi-exposition ont été exclus de l'échantillon. Pour ce faire, les auteurs se servent du classement sonore des infrastructures de transports terrestres réalisé par la DDE du Val-de-Marne conformément à la loi de décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit. Tous les logements situés à proximité des voies nationales et départementales appartenant aux catégories sonores 1 à 4, catégories les plus bruyantes ont ainsi été exclus. Seuls ont été conservés les logements desservis par des voies communales, ainsi que par des voiries de catégorie 5 du classement DDE. (niveau sonore compris entre 60 et 65 dB(A) de 6h à 22h et entre 55 et 60 dB(A) de 22h à 6h). Enfin, toujours dans la perspective de disposer de situations sonores contrastées, les auteurs ont exclu toutes les voies, et donc les logements, situés au pourtour immédiat des zones sonores définies par les courbes isophoniques du diagnostic acoustique du Béture. Après apurement des données, l'échantillon analysé est finalement composé de 688 transactions de maisons individuelles et distribué de manière équilibrée entre le 1er janvier 1995 et le 30 septembre 2003.

4.4.3. Variables explicatives du modèle

La forme fonctionnelle choisie par les auteurs est la forme semi-log. Le modèle a donc comme variable expliquée le logarithme (base 10) du prix des logements. Les variables explicatives, introduites sous forme naturelles, incluent : la superficie, le nombre de pièces, le niveau de l'étage, une variable binaire indiquant si le bien est une maison, des variables binaires indiquant les communes, des variables binaires sur l'année de la transaction et le niveau de bruit d'avions mesuré avec l'indice Lmax.

4.4.4. Résultats

La qualité de l'ajustement statistique est satisfaisante. L'ensemble des variables retenues explique 72 % de la variance du prix du logement. Le test de Fisher montre également que le modèle est globalement significatif. Parmi les caractéristiques structurelles du logement, la surface et le nombre de pièces influent positivement, et conjointement, sur le prix. L'étage exerce une influence positive : toutes choses égales par ailleurs, monter d'un étage augmente de 2,5% la valeur d'un appartement. Enfin, les maisons sont valorisées de 36 %, par rapport à un appartement de caractéristiques équivalentes. Les variables années de la transaction ont également des résultats cohérents avec l'évolution des marchés résidentiels au cours de la période d'étude. Certaines variables communales exercent également une influence sur les prix

des logements. Toutes choses égales par ailleurs, les prix des logements sont, du fait des caractéristiques communales plus élevés à Boissy-St-Léger et Limeil-Brévannes, qu'à Valenton, Villeneuve-le-Roi et Villeneuve St George. Les logements situés dans les autres communes (Ablon-sur-Seine, Sucy-en-Brie, Marolles-en-Brie) ne sont pas significativement valorisés ou dévalorisés du fait de leur appartenance communale.

Enfin et surtout, concernant le bruit des avions, cette variable a bien le signe négatif attendu : toutes choses égales, plus le niveau d'exposition est élevé et plus la valeur du logement est faible.

4.4.5. Interprétation des résultats

Partant des résultats obtenus, les auteurs ont calculé le NDI. Ils obtiennent une valeur de 0,96 % pour l'ensemble des données. Ce résultat s'interprète comme suit : pour les huit communes de la zone d'étude, chaque unité de Lmax dB(A) supplémentaire dévalorise le logement de 0,96 %. Cette estimation correspond à une hypothèse basse car Boissy-Saint-Léger, commune la moins exposée au vu des données acoustiques utilisées n'est pas totalement évitée par les survols. Ce résultat est cohérent avec ceux trouvés par les études antérieures ainsi qu'avec ceux suggérés dans le Rapport Boiteux. Les auteurs rappellent toutefois qu'en raison notamment de l'impossibilité d'introduire dans l'échantillon des zones préservées du bruit des avions, le NDI calculé pour la zone d'étude sous-évalue vraisemblablement la dépréciation réelle.

Les auteurs ont aussi analysé l'évolution du NDI dans le temps. Pour ce faire, L'échantillon initial a été divisé en deux sous-échantillons : le premier couvre la période 1995-2000, le second la période 2001-2003. Les auteurs concluent ainsi que, pour la zone d'étude, le taux de dépréciation immobilière liée à l'exposition au bruit des avions croît au cours du temps : un décibel (Lmax) supplémentaire dépréciait les logements de 0,86 % en moyenne pendant la première période (1995 2000), de 1,48 % pendant la période plus récente (2001 – 2003), alors même que l'exposition sonore restait stable (il n'est cependant pas précisé dans l'étude si les différences entre les résultats obtenus pour les deux périodes sont statistiquement significatives). Ils concluent que l'augmentation sous jacente de la disposition à payer pour une réduction de l'exposition et de la gêne sonore est un élément de validation de l'hypothèse de sensibilité croissante au bruit.

Passons à présent à l'aspect pratique de la recherche à savoir la mise en évidence de l'influence des aménités/nuisances procurées par la plateforme aéroportuaire sur les valeurs immobilières dans le cas de l'aéroport de Paris- CDG.

4.5. Application d'une méthode hédonique à Paris-Charles de Gaulle

Nous présentons d'abord une brève description du déroulement de l'étude. Les modalités de mise en œuvre de la méthode sont ensuite développées en illustrant la collecte des données ainsi que le modèle empirique. Enfin, viennent les résultats de l'analyse économétrique sur les échantillons transactions de maisons et d'appartements que nous avons pu constituer.

4.5.1. Déroulement de l'étude

Nous avons réalisé deux types d'analyse :

- Une analyse descriptive et cartographique dans l'espace en comparant les moyennes et écart-type, des prix.
- Une analyse économétrique utilisant la méthode des prix hédoniques qui permet de quantifier, « toutes choses égales par ailleurs » l'effet du bruit des avions sur les prix en contrôlant l'effet d'autres déterminants influençant le prix du logement.

La mise en œuvre de la MPH comporte plusieurs étapes pouvant être résumés comme suit [42] :

- 1ère étape : Collecte de données : il s'agit de recueillir toutes les variables déterminant le prix du logement.
- 2ème étape : Définition de la fonction de prix hédoniques incluant le choix des variables explicatives et le choix de la forme fonctionnelle.
- 3ème étape : L'estimation de la fonction de prix hédoniques. Nous effectuons une analyse pour l'ensemble de la période considérée et une analyse de l'évolution dans le temps de l'impact du bruit.

[42] Pour plus de renseignements sur la mise en œuvre de la MPH, voir Terra (2005), Travers (2007).

- 4ème Etape : Le calcul de la variation de bien-être : il s'agit de la détermination du consentement à payer des ménages pour bénéficier d'une amélioration de la qualité de l'environnement sonore. Pour un changement marginal de la qualité de l'environnement, la variation de bien-être se calcule à partir du coefficient estimé de la fonction de prix hédonique. Le mode de calcul dépend de la forme fonctionnelle retenue, mais théoriquement, le consentement total à payer pour la collectivité est égal à la somme des prix implicites pour tous les logements affectés par ce changement de qualité de l'environnement[43].

4.5.2. Description du modèle utilisée dans cette étude

4.5.2.1. LES DONNEES UTILISEES

Pour mener à bien cette étude, différentes sources de données ont été combinées. Nous présentons dans cette section les deux principales sources utilisées, à savoir les données sur les transactions immobilières et celles relatives à l'exposition au bruit des avions.

4.5.2.1.1. LES DONNEES SUR LES TRANSACTIONS IMMOBILIERES

Dans les études de prix hédoniques, on peut utiliser comme variable expliquée soit les prix d'achat ou soit les loyers des biens immobiliers. Dans cette étude, le choix s'est porté sur le prix d'achat pour des raisons de disponibilité. De plus, l'acquisition est plus représentative du marché immobilier autour de Paris-CDG (environ 58% sont des propriétaires selon les données de l'INSEE en 2010. Voir également la figure 42) Par ailleurs, de nombreux auteurs s'accordent à dire que les prix d'achat sont plus efficaces (en termes de significativité statistique des résultats) que les loyers (Pearce et Markyanda, 1989 ; cité par Favrel et al. 2001).

Les données utilisées proviennent de la Chambre des Notaires de Paris : la Base d'Information Economique Notariale ou base BIEN[44]. La base porte sur les transactions de maisons et d'appartements réalisées entre les années 2002 et 2008 (sauf 2007 car données non

[43] La méthode de calcul de la variation du bien-être est différente lorsque le changement de l'environnement n'est pas marginal.

[44] Les données exploitées l'ont été dans le cadre d'une étude portant sur les dynamiques dans le Val-d'Oise, intitulée *Tendances et ruptures, le Val-d'Oise en mutation : quelles conséquences pour l'avenir ?* Elle fut réalisée en 2010 dans le cadre d'un contrat avec le Conseil Général du Val-d'Oise. Elles portent sur les années 1996-2008 pour le seul Val-d'Oise et ont donné lieu à une convention d'utilisation avec PNS. Néanmoins, ces données n'ayant pu être acquises qu'une année sur deux, pour des raisons de coût, elles ont donc été complétées par des données obtenues dans le cadre d'un contrat PUCA précédent et portant de manière exhaustive pour la période 1996-2005 sur les départements de Seine-Saint-Denis, des Yvelines et du Val-d'Oise (D. Desponds, 2014).

disponibles). C'est peut être la base la plus complète en France, au niveau des variables répertoriées. Elle donne accès à des informations sur le montant et les périodes des transactions. De plus, les caractéristiques intrinsèques des transactions sont finement décrites (nombre de chambres, surface habitable, nombre de salles de bain, ascenseur, type de bien, etc.). Son immense avantage est que les transactions sont géolocalisées par leurs coordonnées X (latitude) et Y (longitude). La base donne également accès à des informations complémentaires sur le profil des acquéreurs et des vendeurs. Elle permet ainsi d'ouvrir une fenêtre sur les dynamiques sociales à l'œuvre sur les territoires ainsi que sur les évolutions contrastées des marchés immobiliers locaux (Desponds, 2005 ; Guérois et Le Goix 2009 ; Boulay, 2011 ; Desponds et Bergel, 2013, 2014). Les limites, car il y en a toujours, tiennent au fait du manque de variable sur le revenu des acquéreurs[45] : ne connaissant par le revenu de l'acquéreur, il n'est pas possible d'estimer la deuxième étape de la MPH. Par ailleurs, la présence d'isolation phonique n'est pas renseignée alors qu'on peut supposer que son influence sur le prix est non négligeable. Enfin, son coût d'acquisition est élevé, ce qui peut constituer une contrainte majeure pouvant limiter son usage dans le cadre d'un projet comme la nôtre.

La constitution de l'échantillon a fait l'objet d'une réflexion approfondie. Seules les transactions répondant aux critères suivants ont été retenues :

- concernant les biens anciens, c'est-à-dire de plus de 5 ans ou connaissant une deuxième mutation ;
- libres d'occupation au moment de la vente (ou occupés par le vendeur) ;
- acquis en pleine propriété par une vente de gré à gré ;
- destinés à un usage strict d'habitation.

De plus, afin d'éviter les transactions atypiques, ont été exclus les biens non standards tels que les chambres, lofts, ateliers ou châteaux, ainsi que les acquisitions effectuées par des professionnels de l'immobilier. Notons que les mêmes critères sont retenus pour le calcul des indices Notaires Insee des prix des logements anciens. Enfin, afin de permettre le croisement de la base BIEN avec les données sur le bruit ainsi que pour pouvoir effectuer le test d'autocorrélation spatiale, ont été exclues les transactions dont les coordonnées X et Y ne sont pas renseignés.

[45]La base bien contient toutefois des renseignements sur les dimensions sociodémographique et économique des acheteurs et des vendeurs, comme la catégorie professionnelle, l'âge, la situation matrimoniale, etc.

Pour avoir la même délimitation de la zone d'étude que les analyses menées dans le chapitre précédent, seules ont été retenues les transactions réalisées dans un rayon de 35 km autour de l'aéroport. On note que les transactions situées à proximité de l'aéroport de Paris-le-Bourget ont également été exclues (transactions situées dans la carte de bruit 2008 de l'aéroport), pour éviter des erreurs de mesures liées à l'exposition au bruit des avions.

Après une sélection rigoureuse de l'échantillon, 43155 observations ont pu être constituées, dont 19891 maisons et 23264 appartements.

4.5.2.1.2. LES DONNEES SUR L'EXPOSITION AU BRUIT DES AVIONS

La perception du bruit par les ménages

Avant de présenter les données sur l'exposition au bruit des avions, il convient tout d'abord de faire le point sur certaines hypothèses fondamentales. La mise en œuvre de la MPH, comme on l'a vu, doit supposer plusieurs hypothèses. La prise en compte des pollutions ou nuisances par la méthode des prix hédoniques nécessite que les acheteurs perçoivent ces différentes pollutions, ainsi que leur variation. Leur perception d'une même nuisance doit être également identique (Freeman, 1979 ; Garrod et Willis, 1992). En effet, sans cette identité de perception, la valorisation des caractéristiques peut alors être extrêmement variable d'un ménage à l'autre : elle ne représenterait pas la seule structure des préférences mais également celle des perceptions des nuisances (Travers, 2010). Ainsi, une défaillance de l'information concernant les nuisances encourus par les ménages liés à la présence d'un aéroport, pourrait aboutir à des conclusions erronées concernant leurs choix face aux nuisances.

En France, il existe plusieurs outils d'informations sur l'exposition au bruit, accessibles aux résidents et aux acheteurs potentiels autour des grands aéroports. On peut citer en premier lieu le PEB (voir chapitre 2), qui vise à éviter l'augmentation de la population exposée au bruit. Le PEB est soumis à enquête publique avant son approbation. De plus, c'est un outil d'information incontournable à l'attention des acquéreurs. En effet, le code de l'urbanisme impose que tout contrat de location ou de vente de biens immobiliers doit comporter une clause claire et lisible précisant la zone de bruit où se trouve localisé le bien. Grâce à l'information ainsi obtenu, le propriétaire ou locataire lui-même ainsi que le l'acheteur ou le locataire intéressé peuvent avoir une idée précise de la qualité actuelle ou future de l'environnement sonore du bien en question.

D'autres sources d'informations sont disponibles sur l'aéroport de Paris-CDG. Par exemple, depuis 1995, une Maison de l'environnement et du développement durable (la Maison de l'Environnement et du Développement Durable - MED) a été créée à l'aéroport (de même qu'à Paris-Orly). La MED est un espace d'accueil, de dialogue, d'information et de documentation mis à la disposition des riverains qui souhaitent s'informer sur l'activité de l'aéroport et le trafic aérien de manière générale. Elle offre notamment une meilleure connaissance du territoire de l'aéroport. Le riverain dispose d'un espace ressources, base de données autour des thèmes d'intérêt des riverains, par exemple la politique environnementale de l'aéroport, l'insonorisation, etc. Depuis octobre 2006, des contrôleurs aériens assurent des permanences d'information au sein de la MED de Paris-CDG deux fois par semaine. Ils répondent à toute question portant notamment sur le dispositif de circulation aérienne en région parisienne, sur les techniques du contrôle aérien et ses contraintes, sur les caractéristiques du survol des avions en région parisienne, sur les procédures d'atterrissage et de décollage. Ils disposent d'un espace dédié à la navigation aérienne et doté de divers outils pédagogiques et de communication : logiciels de visualisation du trafic aérien en 3 dimensions, module interactif de présentation du bruit aéronautique (VISIOBRUIT), CDROM multimédia. Selon les personnels de la MED de Paris-CDG, certains acheteurs potentiels viennent là-bas pour apprendre davantage sur la question de bruit des avions du logement qu'ils ont visité. Ces informations les aident à comprendre les différences dans l'exposition au bruit entre les différents logements qu'ils visitent.

Enfin, le bulletin d'information du trafic aérien en Ile-de-France présente des informations trimestrielles sur l'activité et les conditions d'exploitation des trois principaux aéroports parisiens : CDG, Orly et Le Bourget. Il a été élaboré à partir des principales questions posées par les populations concernées par l'activité de ces aéroports et est consultable sur le site internet de la DGAC[46]. L'application informatique VITRAIL (Visualisation des trajectoires des avions et des informations en ligne) permet aux personnes intéressées, de consulter les trajectoires des avions ayant survolé la région parisienne.

Compte tenu de ces informations, il est donc fort probable que la majorité de riverains ainsi que les acheteurs et les vendeurs sont bien informés sur le sujet du bruit. Cependant, une différence importante entre les informations délivrées par les pouvoirs publics et celle effectivement perçu par les ménages peut exister. En effet, ces derniers peuvent notamment

[46] http://www.developpementdurable.gouv.fr/Le-Bulletin-d-information-sur-le.html

selon leurs caractéristiques socioéconomiques éprouver des difficultés à traiter et intériorisé une information souvent technique. De plus, l'existence d'une dépendance économique de certains habitants vis-à-vis de l'activité aéroportuaire pourrait conduire certains d'entre eux à minimiser voir négliger de manière consciente ou non le caractère risqué de leur choix de résidence. Nous ne pouvons donc pas a priori confirmer que la proximité d'un logement a nécessairement un effet négatif significatif sur la valeur de celui-ci. Par ailleurs, les études ont montré que attentes en matière de changement futures de la qualité de l'environnement sonore exerceront une influence sur le prix actuel des logements : par exemple, si le PEB prévoit la construction d'une nouvelle piste ou l'augmentation des vols de nuit, les prix des logements chuteront avant que les niveaux sonores ne s'aggravent effectivement (voir par exemple Jud et Winkler, 2006). On ne connaît pas les taux privés de réduction que les personnes appliquent en vue de lier la qualité future de l'environnement aux prix des logements. Il est possible de résoudre ces deux problèmes en utilisant des modèles qui concernent les loyers plutôt que les prix des maisons puisque les loyers s'appliquent uniquement à la période précise concernée (CMET, 1999), mais nous ne disposons pas de ces données pour cette étude. Par conséquent, les valeurs estimés à partir de la méthode des prix hédoniques peuvent être exactes à un ordre de grandeur près, mais guère plus.

Données utilisées

L'encadré 3 présente les caractéristiques de l'environnement sonore autour de Paris-CDG. Pour attribuer à chaque logement son niveau d'exposition au bruit, nous avons donc utilisé les indicateurs spatiaux d'exposition au bruit, ceux destinés pour informer les riverains, à savoir les courbes isophoniques. Deux courbes seront utilisées : les CES et le PEB (ces courbes sont définies dans le chapitre 2).

Les CES présentent plusieurs avantages :

- Elles sont construites à partir des trafics aériens annuels réels, ce qui permet de prendre en compte un éventuel changement des courbes du bruit au fil du temps (le PEB ne reflète pas la situation actuelle, mais le développement estimé des trafics aériens, l'extension de l'infrastructure, l'évolution des procédures de circulation aérienne, etc. dans les 10 à 15 prochaines années).
- Les variables binaires peuvent être plus précises avec des classes d'amplitude 1 ou 2 dB(A) au lieu d'une amplitude de 5 dB(A) ou plus avec le PEB. Cela permet d'étudier

finement la relation entre exposition au bruit et prix des logements. Par ailleurs, cela ouvre des perspectives nouvelles pour une meilleure compréhension de la relation entre bruit des avions et prix immobiliers. Par exemple, cela présente un avantage pour calculer le nouveau indicateur RETL («*Real Estate Tolerence Level*» : niveau de bruit pour lequel il y a 50% de décote immobilière)[47] proposé dans le cadre de cette thèse, avec un taux d'erreur minimum.

Néanmoins, des estimations ont été effectuées en utilisant le PEB pour pouvoir effectuer une comparaison des résultats obtenus sur Paris-CDG avec ceux des autres terrains étudiés (pour lesquels les CES ne sont pas disponibles).

Rappelons enfin que ces deux courbes, le PEB et les CES, sont construites à l'aide de l'indicateur LDEN. C'est désormais l'indice de référence utilisée tant au niveau de la règlementation qu'au niveau des experts et nous pensons qu'il est pertinent de baser les résultats des évaluations sur cet indice. Sa pertinence provient des pondérations appliquées aux vols opérés en soirée et de nuit, (afin d'aboutir à une meilleure représentation de la gêne perçue par les riverains tout au long de la journée), qui est indiscutable sur le plan acoustique. Néanmoins, comme nous avons pu le constater, l'indicateur LDEN n'est pas le seul pour communiquer sur le bruit des avions autour des aéroports. Des indicateurs dynamiques qui se concentrent sur des survols pourraient améliorer la compréhension de bruit. Malheureusement, nous ne disposons pas des informations sur le nombre de survol pour cette étude (nous disposons seulement les informations sur l'altitude des survols).

Les données sur le bruit ont été croisées avec les données sur les transactions immobilières, à l'aide du SIG (voir figure 42). A ce propos, chaque logement a été géoréférencié à l'aide de ses coordonnées x et y respectives. Ainsi, 51,9% des maisons (10 328 maisons) et 65,4% des appartements (15 207 appartements) sont exposés à un niveau de bruit d'avions supérieur à LDEN 50 dB(A). Les restes sont dispersés dans le département du Val-d'Oise, c'est-à-dire à l'extérieur de la courbe LDEN 50 dB(A) et dans un rayon de 35 km autour de l'aéroport de Paris-CDG (9563 maisons et 8057 appartements).

[47] Un article sera sous peu soumis à publication au journal *Applied Acoustics.* Il est intitulé : *"*A new indicator to measure the noise impact around airports: the Real Estate Tolerance Level (RETL)", et co-écrit par Catherine LAVANDIER, Noëlvia SEDOARISOA, Didier DESPONDS et Laurent DALMAS.

Caractéristiques de l'environnement sonore autour de Paris-CDG

a) Système de mesure du bruit

Le Laboratoire section acoustique de l'ADP, relève en permanence des données acoustiques autour de l'aéroport, à l'aide d'un un système intégré de mesure du bruit et de suivi des trajectoires des vols. Ce système, composé de 22 stations de mesures du bruit (dont deux sont dédiées à la surveillance des essais de moteurs et huit à la mesure de l'Indicateur Global Mesuré Pondéré (arrêté du 28 janvier 2003). Les stations sont positionnées de part de d'autre de la plate-forme aéroportuaire jusqu'à une distance d'environ seize kilomètres du seuil de piste. Leur répartition permet de suivre d'évolution des niveaux sonores de chaque flux de trajectoires de décollage et d'atterrissage des quatre pistes de l'aéroport. La carte suivante (figure 39) présente les positionnements des réseaux de stations de mesure du bruit des avions autour de l'Aéroport de Paris-CDG.

On note que les conditions atmosphériques, en déterminant les conditions de trafic *face à l'ouest* ou *face à l'est*, ont une influence sur l'impact environnemental de l'aéroport, car l'atterrissage et le décollage des avions produisent des bruits différents. En moyenne, selon l'ADP, la répartition des secteurs de vent observée depuis plusieurs années en région parisienne est de 60% face à l'Ouest, 40% face à l'Est. Comme notre échantillon de biens immobiliers se trouve du même côté par rapport à l'aéroport, ceci ne devrait pas poser de problème dans notre analyse.

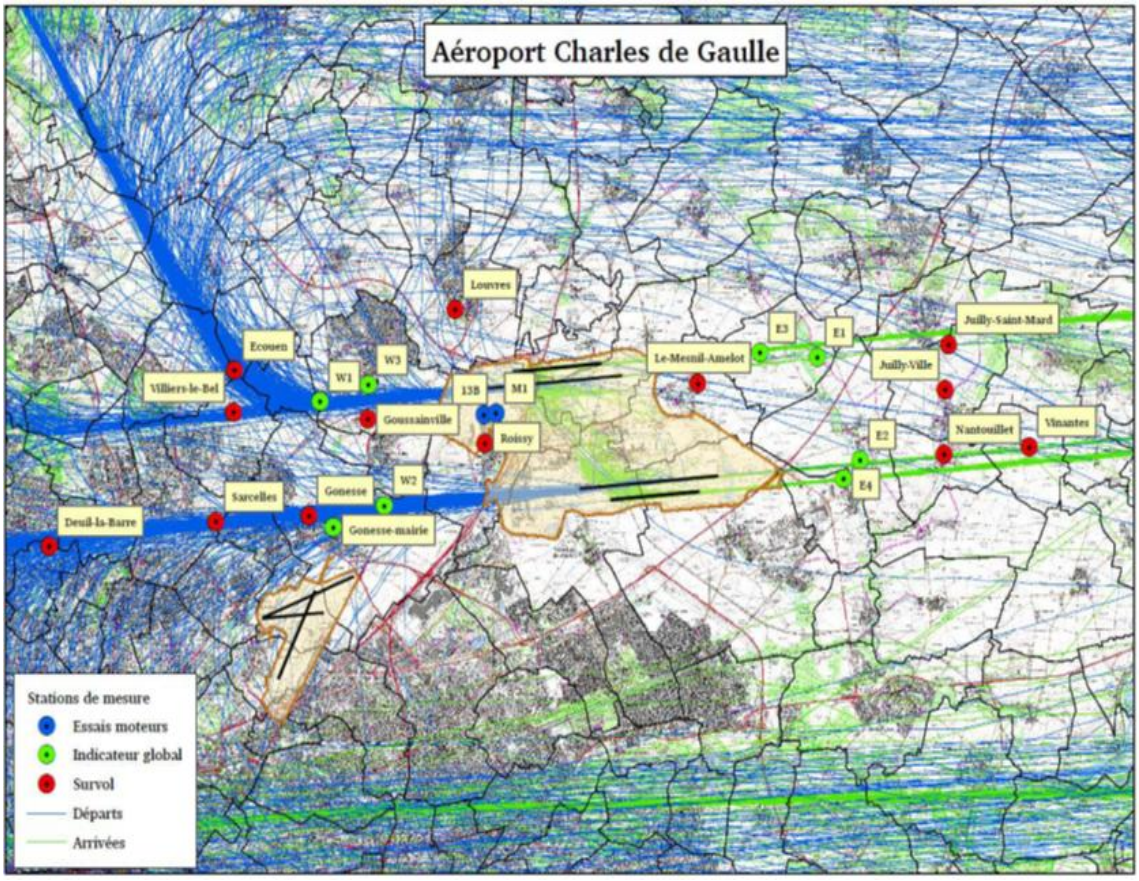


Figure 39: Réseau des stations de mesure du bruit des avions (trajectoire configurée face à l'ouest)

Source : ADP, 2009

b) Evolution de l'environnement sonore

Depuis 2000, le niveau de bruit des avions autour de Paris-CDG est en diminution dans la majorité des stations, malgré une augmentation globale des trafics. La diminution varie entre 0,7 et 4,5 dB(A), soit une réduction de la pression acoustique supérieure à la moitié (pour la meilleure situation), en 10 ans. Les tableaux suivants font la synthèse des niveaux équivalents de bruit ambiant en dB(A) et mesuré à l'aide de l'indicateur LDEN, enregistré par les stations de mesures, durant les dix dernières années.

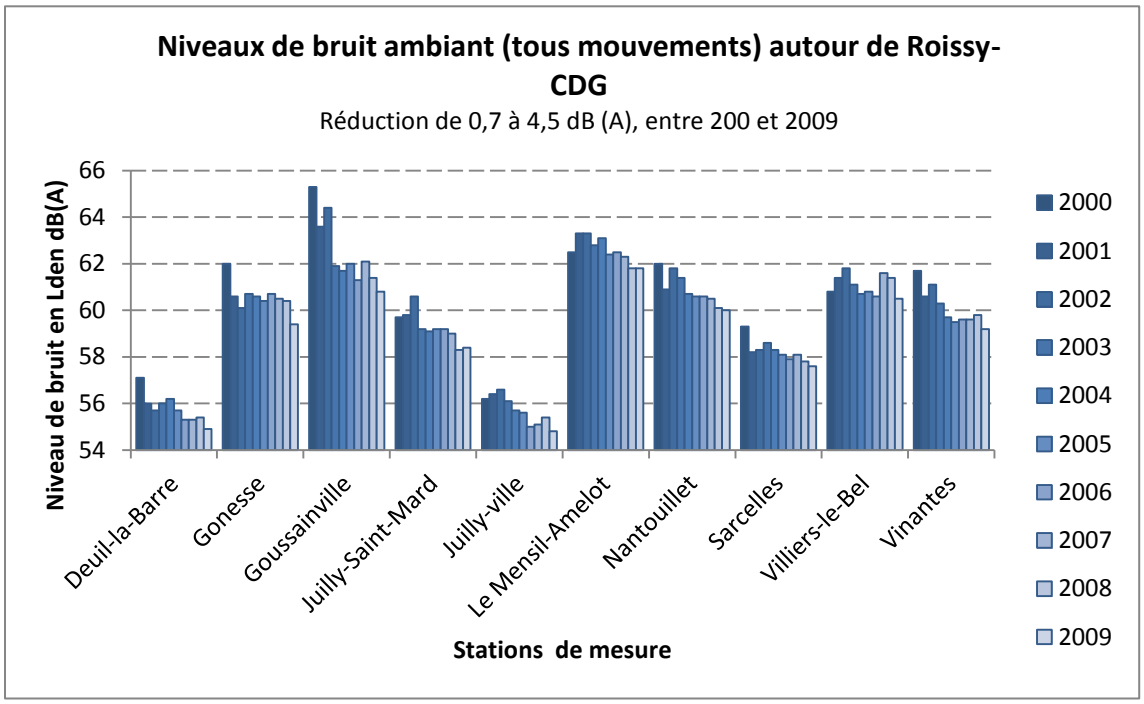


Figure 40: Evolution des niveaux sonores autour de Paris-CDG depuis dix ans

Source : Données fournies par ADP, 2009

Cette diminution du niveau de bruit serait due à quatre facteurs principaux:

1) des restrictions opérationnelles réglementaires : a) jusqu'en 2002, les décollages sur la trouée Ouest du doublet de piste Sud n'étaient pas permis aux avions bruyants classés « chapitre 2 » (selon l'annexe 16 de l'OACI). Les décollages face à l'Ouest de ces avions se pratiquaient alors tous au-dessus de la commune de Goussainville. b) depuis 2002 : interdiction de vol des avions « chapitre 2 » en Europe.
2) la répartition du trafic sur les pistes, avec l'ouverture de la piste 3 en novembre 2005, permettant d'exploiter le doublet Nord à pleine capacité.
3) la modernisation des flottes, avec récemment en 2008 le retrait des B747-200 et 300, figurant parmi les plus bruyants au décollage.
4) et la baisse du nombre total de mouvements sur certaines périodes, comme en 2001 et 2002 et en 2009.

De même, les stations dédiées à l'Indicateur Global Mesuré Pondéré ont également enregistré une diminution globale des niveaux sonores. Par conséquent, les surfaces impactées par le bruit ont aussi fortement diminué au cours de cette période. La carte suivante (figure 41) présente le CES et son évolution entre 2002 et 2008.

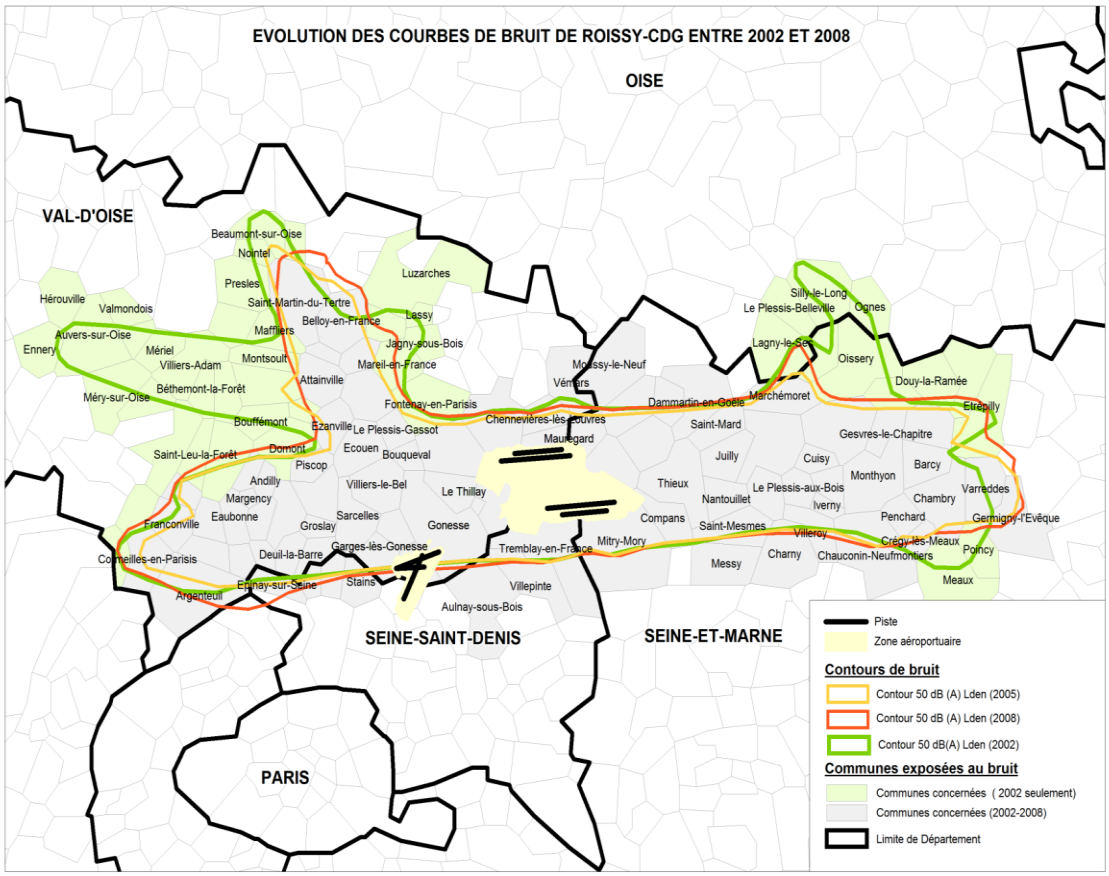


Figure 41: Evolution des CES entre 2002 et 2000

Source : Données ADP

c) Impact du bruit des avions sur les niveaux de bruit Ambiant

Enfin, l'impact sonore d'un aéroport peut être mesuré par la différence de niveau (ou émergence) entre le niveau de bruit ambiant, comprenant toutes les sources de bruit et le niveau de bruit ambiant sans les avions. En 2009, ADP a mesuré l'impact du bruit des avions sur le niveau de bruit ambiant. Le niveau de bruit ambiant sans les avions qui a été pris comme référence était le niveau sonore mesuré du 16 au 19 avril 2010, pendant la période d'interruption du trafic aérien suite à l'éruption du volcan Eyjafjallajökull, où l'aéroport a été fermé. Les résultats ont montré que le bruit des avions est prépondérant et influence fortement et logiquement le niveau de bruit ambiant autour de l'aéroport de Paris-CDG. Sa contribution varie entre 4,1 et 17,3 dB. Il ressort également de l'étude cité ci-dessus que le niveau typique de bruit de fonds dans notre zone d'étude varie entre 42,7 et 55, 6 dB, avec une moyenne d'environ 50 dB. Si on considère ce niveau moyen, le seuil d'impact du bruit à utiliser dans l'étude devrait donc être supérieur ou égal à 50 dB. Pour comparaison, on note que les études rapportent que le niveau typique de bruit ambiant dans une zone urbaine est de 55 dB pendant la journée et de 40 dB pendant la nuit.

Encadré 3: Caractéristiques de l'environnement sonore autour de Paris-CDG

Source : D'après ADP, 2009

AEROPORT DE PARIS-CDG

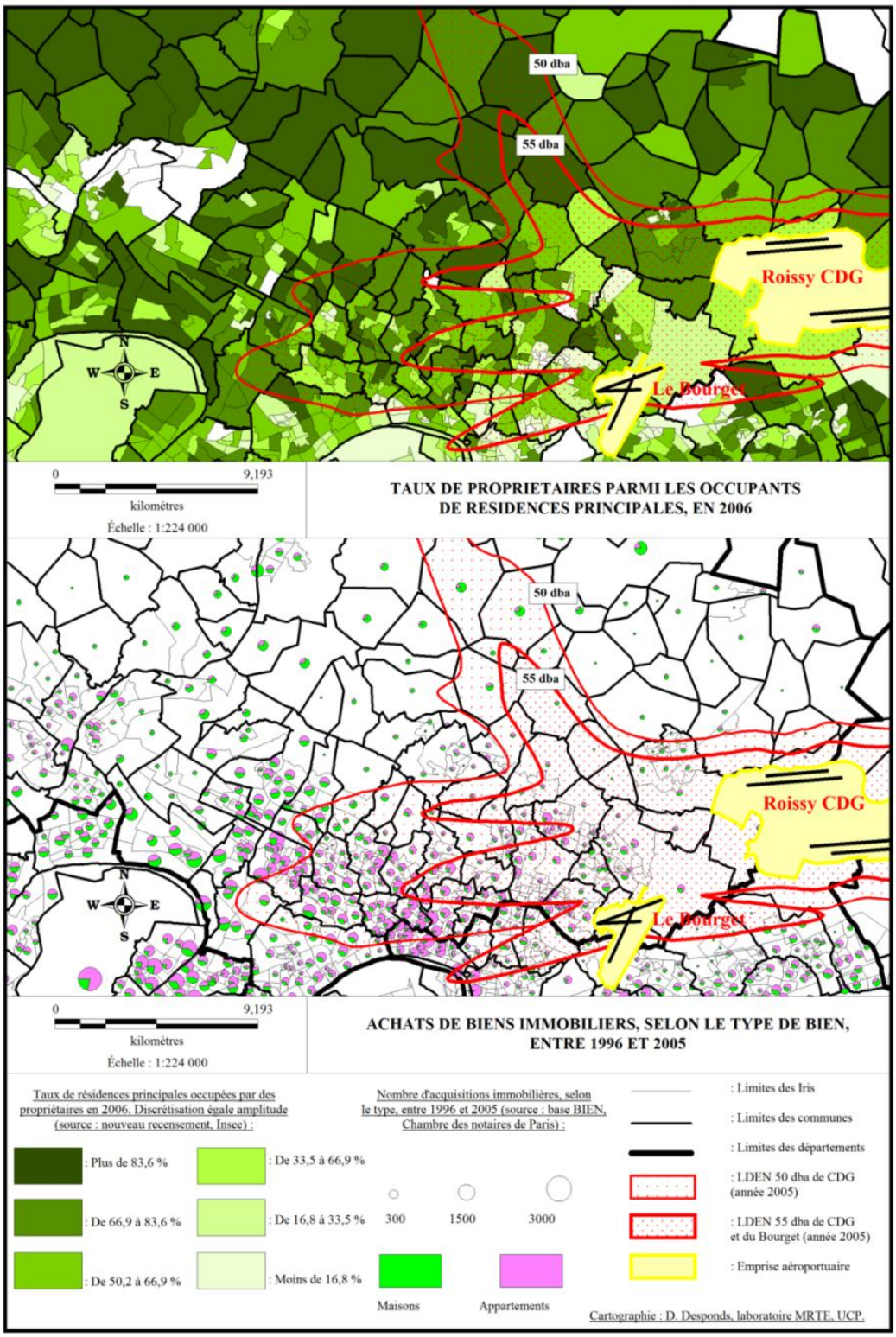


Figure 42: Taux de résidences principales occupées par des propriétaires en 2006 et nombre d'acquisition de biens immobiliers selon le type, entre 1996 et 2005.

Source : D. Desponds, 2013

4.5.2.2. CHOIX DES VARIABLES EXPLICATIVES

4.5.2.2.1. LES CARACTERISTIQUES INTRINSEQUES

Les caractéristiques intrinsèques choisies pour cette étude sont celles habituellement utilisées dans les études hédoniques. Il s'agit, entre autres, de la surface habitable, de la surface du terrain (maisons), du nombre de pièces, du nombre de salle de bain, du nombre de garage, de la présence d'un jardin (maisons) et de la présence d'un ascenseur (appartements). Ces variables sont intégrées soit comme des variables continues (variables surfaces), soit comme des variables binaires : par exemple pour le nombre de salles de bain, l'idée étant de tenir compte de l'utilité marginale, *a priori* décroissante, de cette caractéristique[48].

Nous tenons également compte des caractéristiques temporelles, en intégrant deux catégories de variables binaires relatives aux mois et aux années de transaction. Cela permet de tenir compte d'éventuelles différences mensuelles et annuelles des prix immobiliers, notamment à cause de l'inflation ou des effets saisonniers.

4.5.2.2.2. LES CARACTERISTIQUES EXTRINSEQUES

Pour sélectionner les variables intrinsèques pertinentes, nous nous sommes appuyés sur les enseignements tirés d'une enquête sur le choix résidentiel des ménages autour de l'aéroport de Paris-CDG (Martinez, 2001) Selon cette étude, les principaux facteurs de choix résidentiels des ménages voulant acquérir un logement autour de CDG seraient les suivants (tableau 43)[49]. :

[48] L'utilité marginale d'un bien ou d'un service est l'utilité qu'un agent économique tirera de la consommation d'une quantité supplémentaire de ce bien ou service. Cette utilité marginale décroît avec la quantité de biens déjà consommée. Par exemple, si l'on possède déjà une salle de bain, l'utilité apportée par une salle de bain supplémentaire est faible, comparée à la situation où l'on ne possède initialement aucune salle de bain. Dans ce cas, l'effet de la salle de bain est positif mais décroissant en fonction du nombre.

[49] Ces résultats sont basés sur plus d'une centaine d'entretiens menés auprès de trois catégories d'interlocuteurs : les professionnels, constitués par les agences immobilières travaillant essentiellement sur le marché existant, ainsi que les promoteurs, les aménageurs et les lotisseurs réalisant des opérations d'aménagement de terrain ou de construction de logements neufs ; les habitants résidants dans les communes soumises aux zones de bruit (PGS Roissy) et ceux résidants dans les communes limitrophes du PGS ; et enfin, les associations de lutte contre le bruit.

Résultat de l'enquête	Critère principal	Critère cité
Coûts du logement et du terrain	Oui	Toujours
Voisinage et quartier residentiel	30%	Toujours
Nuisances sonores	20%	Toujours
Espaces verts	15%	Toujours
Équipements scolaires et sportifs	15%	Toujours
Desserte routière et transports	10%	Toujours
Accessibilité aux commerces et services	7%	Peu
Proximité de la famille	3%	Peu
Qualité architecturale	0%	Très peu
Fiscalité locale	0%	Très peu

Tableau 43: Les déterminants des choix résidentiels des ménages autour de l'aéroport de Paris-CDG.

Source : Martinez (2001)

L'étude de M. Martinez conclut entre autres que si le bruit est la première nuisance environnementale évoquée par les habitants et les professionnels de l'immobilier, ce n'est pas la première cause apparente de la dévalorisation des biens immobiliers. L'environnement social demeure la première préoccupation des acquéreurs.

L'environnement social est donc le critère le plus important à prendre en compte. Pour ce faire, nous avons testé avec l'indice de défaveur sociale calculé dans le chapitre 3(on s'attend à ce que cette variable soit fortement corrélée avec la variable niveau de bruit des logements). Rappelons que l'indice est constitué des quatre variables suivantes : le revenu fiscal médian, le taux de chômage, le taux d'ouvriers et le taux de non diplômés. Afin de prendre en compte la « *mauvaise image* » liée à la proximité des zones urbaines sensibles (ZUS), nous avons défini deux indicateurs supplémentaires à l'aide des contours des ZUS (Desponds et Bergel, 2013) : ZUS 1 (situé dans un ZUS) et ZUS 2 (situé dans un rayon de 750m autour d'un ZUS).

Comme le témoignent les résultats de l'enquête menée par Martinez (2001), ci-dessous, les équipements scolaires et les services publics locaux sont aussi des facteurs importants à prendre en compte. Toutefois, nous ne disposons pas de ces variables pour cette étude. Néanmoins, la qualité des écoles et des services publics locaux offerts par les collectivités locales serait fonction du revenu des ménages, qui, compte tenu des politiques distributives, contribuent à leur financement par les impôts locaux. En ce sens, l'importance du revenu fiscal des résidents d'une commune n'est pas sans effet sur la qualité des services offerts par celle-ci (Cavailhès, 2005). À ce stade, le revenu des habitants, donc l'indice de défaveur sociale peut être considéré comme approximation de ces variables.

L'accessibilité aux services, aux centres commerciaux, aux emplois, etc. sont également des facteurs à prendre en compte. En vue de déterminer le rôle joué par la proximité de l'aéroport non seulement pour ceux qui y travaillent mais également pour ceux prenant souvent l'avion, nous avons défini deux indicateurs de distance : les distances par rapport aux aéroports de Paris-CDG et Le-Bourget. Nous avons calculé ces variables distances à l'aide du SIG. Il existe plusieurs méthodes de calcul de cette variable : distance euclidienne, distance-temps, distance-coût, etc. Nous avons retenu la distance euclidienne, comme le fait la plupart des études. Il s'agit ici de la distance entre chaque logement et le terminal principal de chaque aéroport. En complément de ces indicateurs, nous avons calculé les distances entre chaque logement et Paris et les centres de commerces et d'affaires proches comme La Défense. Nous devrions constater, toutes choses égales par ailleurs, une baisse des prix des logements lorsque la distance de Paris ou de La-Défense augmente du fait notamment d'une faible accessibilité des ménages aux commerces, emplois et aux externalités historiques.

Les dessertes via les transports en commun sont mesurées par la distance avec la gare de trains la plus proche. Comme pour les distances jusqu'à l'aéroport, plusieurs variables binaires ont été construites de la manière suivante : 100m, 250m, 500m, 1000m, et distance supérieure à 1000 m.

Enfin, nous avons intégré la variable bruit des avions. Cette variable est intégrée sous forme de variables binaires à l'aide de zonages : des classes construites selon différentes amplitudes (1, 2, dB(A), etc.). Nous avons également testé un autre modèle afin d'étudier la question de la variabilité temporelle de l'impact du bruit. Le tableau suivant présente les différents modèles à tester.

Modèle	**Méthode de prise en compte de la variable bruits des avions**	**Donnée**
Modèle 1	Trois variables binaires construites suivant les mêmes zonages que le PEB	CES
Modèle 2	7 variables binaires construites à l'aide de zones de bruit par intervalle de 2 dB(A)	CES
Modèle 3	14 variables binaires construites à l'aide de zones de bruit par intervalle de 1 dB(A)	CES
Modèle 4	3 variables binaires construites à l'aide des zonages du PEB	PEB
Modèle 5	Modèle M1 + terme d'interaction zone de bruit * année	CES

Tableau 44: Prise en compte de la variable bruit des avions dans les différents modèles estimés

Nous utilisons dans tous les modèles la valeur seuil de 50 dB(A).

Notre modèle prend en compte la présence de multiples sources de bruit. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, plusieurs méthodes peuvent être appliquées pour mesurer la gêne totale en situation de multi-exposition au bruit. Dans cette étude, le choix a été fait sur le modèle des effets indépendants. Rappelons que ce modèle suppose que chaque source séparément a un effet indépendant et donc une contribution additive sur la gêne globale. Ainsi, pour tenir compte de cette situation dans nos modèles empiriques, nous avons intégré simultanément les indicateurs mesurant les niveaux de chaque source : bruit**s** routiers, ferroviaires et aériens. Dekkers et Van der Straaten (2009) ont également procédé de la sorte, en utilisant des valeurs seuils différentes pour les trois sources de bruit (afin de tenir compte de la gêne différente due à ces trois sources, pour le même niveau de bruit). Les données sur les niveaux de bruit routier et ferroviaire proviennent des Cartes Stratégiques de Bruit des transports routiers et ferroviaires (au sens de la Directive Européenne 2002/49/CE) du Département du Val-d'Oise. Les cartes n'étaient pas disponibles en version SIG pour cette étude. Elles ont été récupérées sur le site internet de la DDEA (Direction Départementale de l'Equipement et de l'Agriculture) du Département du Val-d'Oise, sous format image, puis vectorisées pour pouvoir les intégrer dans notre base de données. Ainsi, pour des raisons de précision, nous avons décidé d'utiliser la valeur seuil de 55 db(A) pour ces deux sources de bruit. Ces données utilisent le même indicateur L_{DEN} que le PEB et les CES.

Enfin, une pratique rencontrée dans les études de prix hédoniques consiste à estimer un modèle à «effets fixes spatiaux» (par exemple Salvi, 2009 ; Dubé, 2010, etc.). Les modèles à effets fixes spatiaux introduisent l'idée que chaque segment d'espace possède des caractéristiques qui lui sont propres, mais certaines sont inobservables : Ces caractéristiques peuvent être estimées par des variables binaires afin de capter des effets de localisation dans les différences de prix (effets fixes). Selon J. Dubé (Dubé, 2010) *: «les effets de localisation, mesurés par les effets fixes, permettent de capter les phénomènes latents qui jouent un rôle important dans l'estimation des contributions marginales des attributs dans le processus de détermination des valeurs»*. Cette modélisation présente plusieurs avantages. A la différence des modèles avec une gamme de variables de localisation, les modélisations par effets fixes via l'introduction de variables binaires de localisation, constitue une alternative intéressante et simple, supposant que la segmentation spatiale soit adéquate (Dubé, 2010). De plus, selon le même auteur, si le problème d'autocorrélation spatiale des résidus est toujours présent, il est nettement moins important dans le modèle à effets fixes et ce, peu importe la spécification retenue. Dans ce cas, et dans un souci de parcimonie, il pourrait être préférable d'opter pour un

modèle à effets fixes spatiaux. Par ailleurs, la modélisation à effet fixe peut être combinée avec la modélisation avec plusieurs gammes de variables explicatives. Dans ce cas, elle a pour avantage de capter l'influence de certaines variables de voisinage latentes dans la détermination des prix, sans pour autant effacer l'effet des autres variables spatiales.

Afin de procéder à la de modélisation à effets fixes, la segmentation spatiale que nous avons retenu est l'IRIS. Nous avons ainsi intégré dans les modèles des variables binaires pour chaque IRIS. Ces modèles permettent ainsi d'estimer, l'incidence sur les prix du fait d'être localisé dans l'IRIS X plutôt que dans l'IRIS Y. Cet « effet prix » correspond dans nos modèles à l'accroissement où à la baisse de prix (exprimé en pourcentage) pour résider dans un IRIS X plutôt que dans l'IRIS de référence. Ces modèles devront également permettre de résoudre les problèmes d'autocorrélation spatiale entre les IRIS ((Jayet et al. 2007). Soulignons que l'utilisation d'une variable binaire comme variable explicative exige que le nombre d'observations présentant cette caractéristique soit suffisant. D'une façon générale, un minimum de 5 observations sera requis pour intégrer une telle variable au modèle de régression (Des Rosiers, 2001).

Afin de faciliter le traitement des données, notamment le croisement des données sur les transactions immobilières avec celles relatives au bruit des avions, nous avons utilisé le SIG sous MAPINFO. Le SIG nous a également aidé dans le calcul des variables distances. A cet égard, les données sur les transactions immobilières ont été géo référenciées à l'aide de leurs coordonnés x et y respectives. Les variables sont résumées dans le tableau 45 et leurs caractéristiques générales apparaissent à l'annexe 10. Le choix des variables pertinentes dans le modèle final sera fixé de manière à éviter les problèmes de multicolinéarité.

Variable	Définition	Référence (1)	Nombre (2)
VARIABLE DÉPENDANTE			
PRIX	Prix de vente de l'habitation en euros		
VARIABLES INDÉPENDANTES			
Caractéristiques intrinsèques			
A NNEE_X	Ensemble de variables binaires valant 1 si le logement s'est vendu en l'année X et 0 sinon	2008	5
MOIS _X	Ensemble de variables binaires valant 1 si le logement s'est vendu au mois X et 0 sinon.	Décembre	11
EP_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque l'époque de construction du	MA: époque 1914-1947 ;	5

Variable	Définition	Référence (1)	Nombre (2)
	logement est dans la catégorie X et 0 sinon.	AP : époque 1947-1969	
PIECE_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque le logement possède X pièces et 0 sinon.	MA : 5 pièces	5
		AP : 3 pièces	4
SURF_PIECE	Surface divisée par nombre de pièces		1
SURFACE	Surface de l'habitation en mètre carré		1
SALDB_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque le logement possède X salle de bain et 0 sinon	Avec une salle de bain	2
GARAGE_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque le logement possède X garage et 0 sinon	Avec un garage	2
JARDIN	Variable binaire valant 1 si le logement ne possède pas de jardin et 0 sinon.	Avec jardin	1
Pour les maisons seulement			
NIVEAU_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque le logement possède X niveau et 0 sinon	Avec deux étages	2
TERRAIN	Surface du terrain en mètre carré		1
Pour les appartements seulement			
ETAGE_X	Ensemble de variables binaires valant 1 lorsque l'appartement est situé à l'étage X et 0 sinon	$3^{ème}$ étage	5
TARRASSE	Variable binaire valant 1 si le logement possède une terrasse et 0 sinon	Sans terrasse	1
Caractéristiques de localisation			
Voisinage social			
DEFAVEUR	Valeur de l'indice de défaveur sociale de l'IRIS		1
ZUS	Ensemble de variables binaires indiquant l'emplacement du logement par rapport à une ZUS	Situé en dehors d'une ZUS	2
DIST_ROISSY	Distance en kilomètre par rapport à l'aéroport de Paris- CDG		1
DISTE_BOURGET	Distance en kilomètre par rapport à l'aéroport de Paris- Le - Bourget		1
DIST_PARIS	Distance en kilomètre par rapport à Paris		1
DIST_DEFENSE	Distance en kilomètre par rapport à La Défense		1
Environnement physique			
BRUIT_ROUTE	Variables binaires valant 1 si le logement est exposé à un niveau de bruit routier supérieur à LDEN 55 dB(A) et 0 sinon	Inférieur à LDEN 55 dB(A)	1
BRUIT_FER	Variables binaires valant 1 si le logement est exposé à un niveau de bruit ferroviaire supérieur à LDEN 55 dB(A) et 0 sinon	Inférieur à LDEN 60 dB(A)	1
Autres caractéristiques des localisation			
IRIS	Ensemble de variables binaires valant 1 si le logement est localisé dans l'IRIS X	MA: La-Frette-sur-	296 (MA)

Variable	Définition	Référence (1)	Nombre (2)
	et 0 sinon	Seine AP : Le Val-d'Herblay	289 (AP)
Bruit des avions			
BRUIT_AVION **(Modèle 1)**	Variables binaires valant 1 si le logement est situé dans la zone de bruit X et 0 sinon. X= [50-56[; [56-63[;>ou=63 dB(A)	< 50 dB(A)	3
BRUIT_AVION **(Modèle 2)**	Variables binaires valant 1 si le logement est situé dans la zone de bruit X et 0 sinon. X= [50-52[; [52-54[; [54-56[; [56-58[; [58-60[; [60-62[; >ou=62dB(A)	< 50 dB(A)	7
BRUIT_AVION **(Modèle 3)**	Variables binaires valant 1 si le logement est situé dans la zone de bruit X et 0 sinon. X= [50-51[; [51-52[, …, [60-61[; [62-63[; >ou=63 dB(A)	< 50 dB(A)	13
BRUIT_AVION **(Modèle 4)**	Variables binaires valant 1 si le logement est situé dans la zone de bruit X et 0 sinon. X= Zone B, Zone C et Zone D	< 50 dB(A)	3
BRUIT_AVION **(Modèle 5)**	Variable binaire valant 0 ou 1 X= (zone de bruit Xi*année 2002), …, (zone de bruit Xi*année2008)		18
Autres caractéristiques de localisation			
IRIS_X	Ensemble de variables binaires valant 1 si le logement est localisé dans l'IRIS X et 0 sinon	MA: La-Frette-sur-Seine AP : Le-Val-d'Herblay	296 (Maison) 289 (Appartement)

NOTE : (1) Il s'agit de la catégorie de référence pour les variables binaires. (2) Il s'agit du nombre de variables (hors la catégorie de référence pour les variables binaires).

La base BIEN dispose d'autres variables comme l'année de construction, présence d'un ascenseur, de chauffage collectif, mais qui ne sont pas utilisés en raison de leur très faible taux de renseignement.

Ce tableau présente le nom, la définition et la nature ainsi que le nombre de variables de chacune des caractéristiques structurelles des maisons et des appartements. Sa lecture appelle quelques commentaires et notamment concernant les catégories de variables binaires.

De par la spécification logarithmique (voir section suivante), le coefficient attaché à une variable binaire mesure la différence de prix en pourcentage par rapport à la catégorie de référence, toutes choses égales par ailleurs. Par exemple la variable ANNEE_X mesure la différence de prix en pourcentage par rapport à la situation 2008, toutes choses égales par ailleurs.

En fait, on construit ce que l'on appelle une habitation de référence dont le prix sera égal à la constante de régression.

Pour les groupes de variables relatives aux années et mois des transactions, nous avons choisi comme catégorie de référence les périodes les plus récentes. Pour les autres groupes de

variables binaires, nous avons choisi comme catégorie de référence, celle la plus fréquente. Pour chaque catégorie de variable, nous avons crée une modalité «non renseigné» pour tenir compte des observations non renseignées (c'est-à-dire des valeurs manquantes).

Concernant les groupes de variables relatives aux IRIS, les variables binaires ont été créées seulement pour les IRIS pour lesquels le nombre de transactions est supérieur ou égal à 5. Les restes ont été regroupés dans une catégorie : IRIS_AUTRES. Pour chaque type de bien, l'IRIS choisi comme référence est celui où le prix moyen des logements sur la période de l'étude correspond au prix médian de tous les logements de l'échantillon sur la période de l'étude.

Tableau 45: Description du modèle de prix hédoniques : cas de Paris-CDG

La relation entre le prix de transaction et les caractéristiques du logement, comme précisé auparavant, peut prendre différentes formes fonctionnelles. A la suite de la conclusion de Cooper et al. (1988) présentée ci-dessous, la meilleure forme pour notre étude serait la forme Box-Cox linéaire : « *quand certains attributs ne sont pas observés ou mesurés avec erreur, alors les formes fonctionnelles linéaires et Box-Cox linéaire fournissent l'erreur la plus faible* » (Cooper et al, 1988). Cependant, en raison de la complexité de la manipulation des effets économiques des coefficients estimés issus de cette transformation et le manque d'interprétation économique claire de ceux-ci, un bon compromis est l'utilisation de la spécification log-log. De plus, quand une variable explicative est une variable binaire, une transformation de Box-Cox de cette variable n'a pas de sens (Terra, 2005). Or, la plupart de nos variables explicatives sont des variables binaires. Les variables binaires sont donc toujours incluses dans le modèle sous une forme non transformée.

La spécification log-log n'est, en réalité, rien d'autre qu'une forme Box-Cox restreinte. La transformation Box-Cox s'écrit de la manière suivante :

$$\boldsymbol{P^{(\theta)} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i Z_i^{(\lambda i)} + {}^1\!/_2 \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} Y_{ij} Z_i^{(\lambda i)} Z_j^{(\lambda i)}}$$

Où *P* est le prix du bien immobilier, les $\boldsymbol{Z_i}$ ses caractéristiques et $\boldsymbol{P^{(\theta)}}$ et $\boldsymbol{Z_i^{(\lambda i)}}$ sont des transformations de Box-Cox, avec :

$$\boldsymbol{P^{(\theta)} = \begin{cases} \dfrac{p^{\theta} - 1}{\theta} si \theta \neq 0 \\ \ln P si\ \theta = 0 \end{cases}}$$

$$\boldsymbol{Z_i^{\lambda i} = \begin{cases} Z_i^{\lambda i} - 1 si \lambda i \neq 0 \\ ln Z_i si \lambda i = 0 \end{cases}}$$

Si maintenant on impose les restrictions suivantes : $\boldsymbol{\theta = 0}$, $\boldsymbol{\lambda i = 0}$ et $\boldsymbol{\gamma_{ij} = 0}$ pour tout *i, j*, on obtient alors une spécification double log de type :

$$\ln(p_i) = \alpha_0 \sum_{j=1}^{j} x_{ij}\,\beta_j + \sum_{j=1}^{j} \ln(z_{ij})\gamma_j + \varepsilon_i$$

avec $\boldsymbol{\alpha_0}$ un terme constant et $\boldsymbol{\varepsilon_i}$ le terme d'erreur stochastique.

Les coefficients $\boldsymbol{\beta_j}$ et $\boldsymbol{\gamma_j}$ permettent de calculer les prix implicites et le consentement à payer marginal pour chaque caractéristique, c'est-à-dire le NDSI pour le bruit des avions.

Notons que les coefficients ne s'interprètent pas de la même manière selon que la variable est considérée comme une variable continue ou comme une variable binaire. Pour une variable *zj* continue, le coefficient d'une variable en logarithme correspond à l'élasticité du prix de vente par rapport à cette caractéristique. Ainsi, un accroissement de 1% de cette caractéristique *zj* entraîne un changement (en pourcentage) du prix de vente égal au coefficient de cette variable ($\boldsymbol{\gamma_j}$).

Pour les variables qualitatives xj, l'effet sur le prix en % s'interprète relativement à une modalité de référence (indiquée dans le tableau 45) et nécessite une petite manipulation mathématique. Une estimation *g* en pourcentage de l'impact de cette variable sur la variable expliquée (le prix des logements) est donnée par la formule :$g = 100\left(e_1^{\beta_j} - 1\right)$.

Enfin, chaque coefficient s'interprète toutes choses égales par ailleurs, c'est-à-dire en considérant les autres indicateurs invariants et fixés à la modalité de référence.

Ce n'est qu'après être passé par ces nombreuses étapes que l'analyse des résultats en tant que telle a pu être effectuée et dont les détails sont présentés dans le paragraphe suivant. Le traitement des données a été entamé à l'aide du programme SPSS et Spacestat.

Afin de mieux cerner le profil de notre échantillon et les renseignements qui ont pu être recueillis, nous fournirons d'abord une description générale des caractéristiques de l'échantillon total, pour ensuite nous focaliser sur la présentation des résultats concernant le test ANOVA et l'analyse des prix hédoniques.

4.5.2.3. LA NECESSAIRE SEGMENTATION DU MARCHE SELON LE TYPE DE BIEN

La description des marchés du logement fait apparaître la diversité des caractéristiques composant le prix ainsi que la nécessaire distinction entre maisons et appartements.

En effet, certaines variables ne concernent que les appartements (numéro de l'étage, ascenseur), d'autres presque exclusivement les maisons (présence d'une piscine, superficie du jardin). Par ailleurs, comme l'ont rappelé Desponds et Bergel (2013), ces biens ne s'inscrivent pas de la même façon dans les stratégies résidentielles des ménages, en termes de revente comme de profils des acquéreurs (Massot, 1999 ; Desponds, 2005 ; cité dans Desponds et Bergel, 2013). En raison de leurs spécificités, ces types de biens doivent être analysés séparément. Les tableaux suivants (tableaux 46 et 47) présentent les statistiques descriptives des caractéristiques de nos échantillons de maisons et d'appartements en fonction des zones de bruit.

	Unité	**<50 dB(A) LDEN**	**(50-55) dB(A) LDEN**	**(55-60) dB(A) LDEN**	**(>60) dB(A) LDEN**
Pièce	Nombre	4,73	4,74	4,76	4,43
Surface habitable	M²	97,80	97,09	97,79	90,10
Garage	Nombre	0,80	0,76	0,76	0,77
Terrain	M²	461,26	411,99	378,81	363,92
Salle de bain	Nombre	1,24	1,26	1,25	1,19
Niveau	nombre	1,90	1,90	1,97	1,78
Année 2002	%	0,15	0,19	0,19	0,18
Année 2003		0,15	0,19	0,17	0,15
Année 2004	%	0,16	0,16	0,15	0,16
Année 2005	%	0,20	0,15	0,16	0,15
Année 2006	%	0,20	0,17	0,16	0,20
Année 2008	%	0,13	0,14	0,16	0,17
Époque 1850-1913	%	0,03	0,01	0,01	0,00
Époque 1914-1947	%	0,13	0,10	0,04	0,03
Époque 1948-1969	%	0,11	0,08	0,03	0,04
Époque 1970-1980	%	0,13	0,05	0,02	0,02
Époque 1981-1991	%	0,10	0,06	0,04	0,02
Époque 1992-2000	%	0,04	0,03	0,03	0,01
Époque NR	%	0,46	0,67	0,84	0,87

Tableau 46: Statistiques descriptives des principales caractéristiques des maisons en fonction des zones de bruit : cas de Paris-CDG.

Source : BIEN, Chambre des Notaires de Paris, 2002-2008 (sauf 2007)

	Unité	<50 dB(A) LDEN	(50-55) dB(A) LDEN	(55-60) dB(A) LDEN	(>60) dB(A) LDEN
Surface	M²	62,32	65,01	66,32	57,84
Pièce	Nombre	3,10	3,20	3,33	2,90
Salle de bain	Nombre	0,98	1,00	1,02	0,96
Numéro de l'étage		2,38	2,46	2,40	1,48
Avec terrasse	%	0,05	0,04	0,05	0,07
Garage	Nombre	0,73	0,75	0,59	0,71
ANNEE_2002	%	0,16	0,17	0,18	0,17
ANNEE_2003	%	0,16	0,19	0,20	0,12
ANNEE_2004	%	0,21	0,18	0,14	0,11
ANNEE_2005	%	0,21	0,17	0,14	0,18
ANNEE_2006	%	0,18	0,16	0,16	0,19
Année 2008	%	0,08	0,13	0,17	0,23
Époque 1850	%	0,00	0,00	0,00	0,02
Époque 914-1947	%	0,09	0,05	0,05	0,03
Époque 1970-1980	%	0,36	0,24	0,22	0,08
Époque 1981-1991	%	0,06	0,12	0,07	0,05
Époque NR	%	0,49	0,59	0,67	0,83

Tableau 47: Statistiques descriptives des principales caractéristiques des appartements en fonction des zones de bruit : cas de Paris-CDG.

Source : BIEN, Chambre des Notaires de Paris, 2002-2008 (sauf 2007)

En moyenne, une maison de notre échantillon a une superficie d'environ 100 m². Les surfaces moyennes des maisons sont identiques dans les trois premières zones de bruit (98 m²) et légèrement inférieure dans la zone de bruit supérieur à 60 dB(A) (90 m²). La surface des terrains diminue en fonction du niveau de bruit et varient en moyenne de 461 m² dans la zone la moins exposée (<50 dB(A)), à 364 m² dans la zone exposée à plus de 60 dB(A). Toutes les autres caractéristiques (garage, pièce, salle de bain, jardin, niveau) sont sensiblement identiques dans toutes les zones. Ainsi, les maisons de notre échantillon possèdent approximativement 5 pièces en moyenne, 1 salle de bain, 1 garage et 2 étages.

Pour les appartements, les surfaces moyennes de l'échantillon est d'environ 60 m². Elles sont quasiment identiques dans les deux zones de bruit intermédiaires (environ 65m²), légèrement inférieures dans la première zone (environ 62 m²) et encore moins dans la quatrième zone la plus fortement exposée au bruit (environ 58 m²). Le nombre moyen de salle de bain est quasiment identique dans toutes les zones (environ 1). En moyenne, 50 % des appartements possèdent une terrasse dans les trois premières zones et 70% dans la zone la plus exposée au bruit. De même, le niveau moyen de l'étage où se situe l'appartement est identique

dans les trois premières zones (soit le 2ème étage). En moyenne, les transactions d'appartements réalisées dans la zone la plus exposée au bruit se situent au 1er étage.

Maisons et appartements sont également distincts par leur localisation géographique. Les appartements sont très concentrés dans les zones densément peuplées. Par contre, les maisons sont réparties sur l'ensemble de l'aire de l'étude (voir figure 28 ci-dessus).

4.5.3. Résultats descriptifs

4.5.3.1. PROFIL SOCIOECONOMIQUE DES ACQUEREURS

Afin de mieux cerner le profil de notre échantillon et les renseignements que contient notre base de données, nous fournirons aussi une description générale des caractéristiques des acquéreurs, pour ensuite nous focaliser sur les niveaux de prix dans chaque zone étudiée.

Compte tenu des conditions d'accession à la propriété, le profil moyen des acquéreurs tend à surreprésenter les catégories plus aisées, soit celles des CPIS et des professions intermédiaires, la prise en compte des artisans et commerçant restant plus difficile à étudier en raison de la part réduite de cette PCS (de l'ordre de 5 %) (Desponds, 2015). Par ailleurs, il est à noter que parmi les communes étudiées, plusieurs (Gonesse, Goussainville, Sarcelles, Villiers-le-Bel) se caractérisent par des taux élevés de logements sociaux dans lesquels les catégories populaires sont très fortement présentes. Le ratio CPIS / ouvriers, pour les acquéreurs de biens immobiliers, maisons et appartements étant analysés séparément, montre de fortes spécialisations sociales dans la zone exposée au niveau de bruit à partir de 54 dB(A), avec toutefois certaines nuances (figures 43 et 44). S'agissant des maisons anciennes, si l'on excepte Montmorency dans la partie la plus occidentale, les ouvriers sont largement plus nombreux que les CPIS. Les appartements paraissent moins sensibles à cette forte spécialisation sociale. Ainsi, le profil des acquéreurs de biens immobiliers confirme les tendances observées à l'aide des données du recensement analysées dans le chapitre précédent.

AEROPORT DE PARIS-CDG

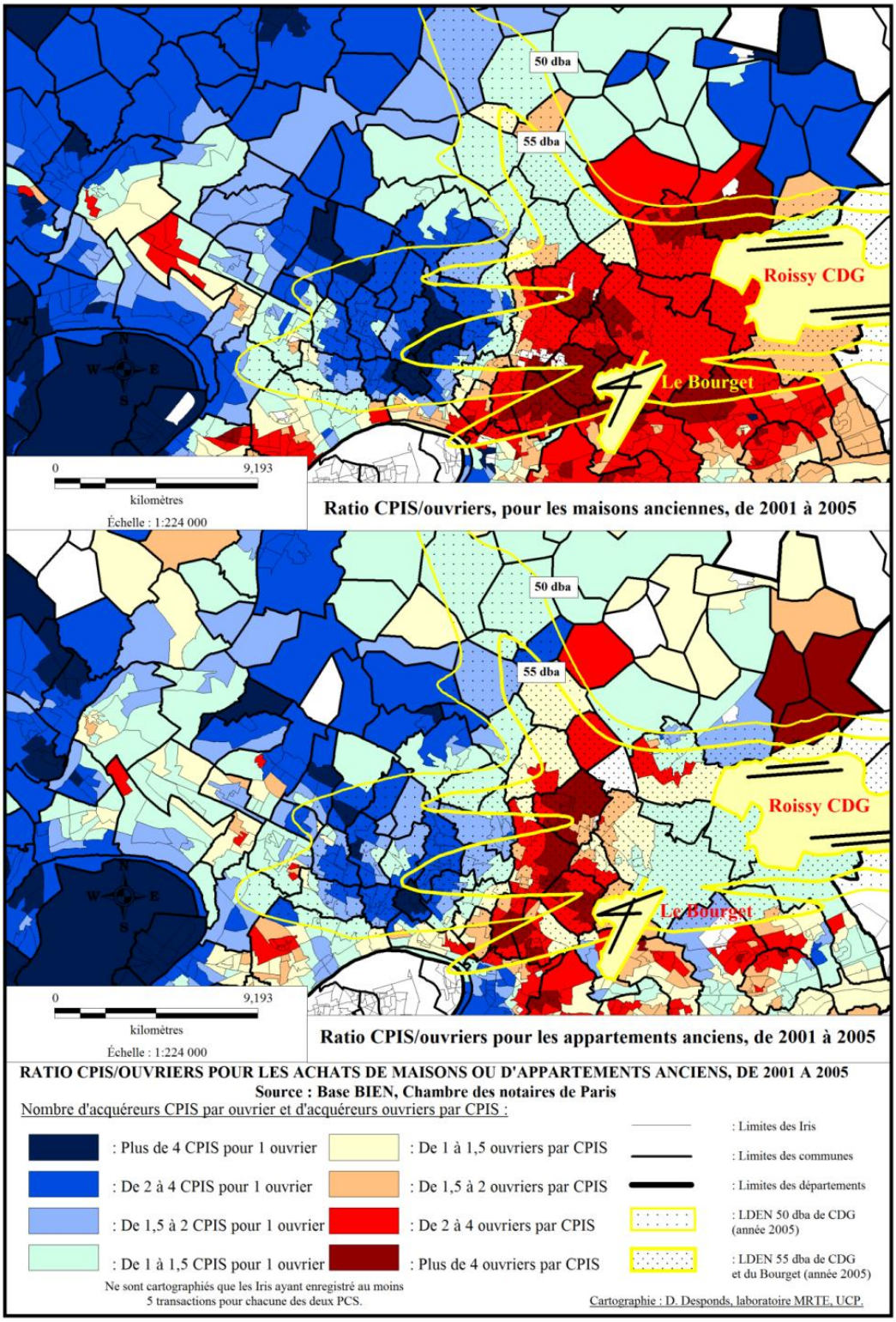


Figure 43: Ratio CPIS/ouvriers pour les achats de maisons ou d'appartements anciens.
Source : D. DESPONDS, 2013, BIEN, Chambre des Notaires de Paris, 2001-2005

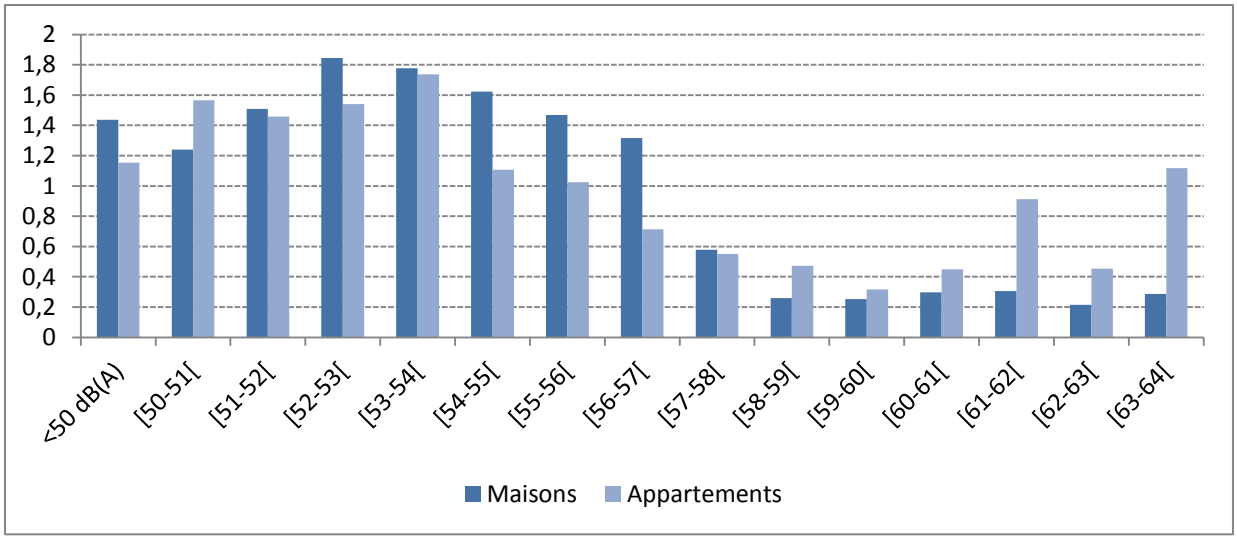


Figure 44: Rapport CPIS ouvriers en fonction du niveau de bruit, autour de Paris-CDG.

Source : BIEN, Chambre des Notaires, 2002-2008(sauf 2007)

4.5.3.2. PRIX

Dans les analyses statistiques, les prix des logements ont été ramenés en euros constants, en prenant l'indice d'évolution des prix des logements anciens fournies par l'INSEE (figure 45). Dans les analyses de prix hédoniques, nous ne déflatons pas les prix

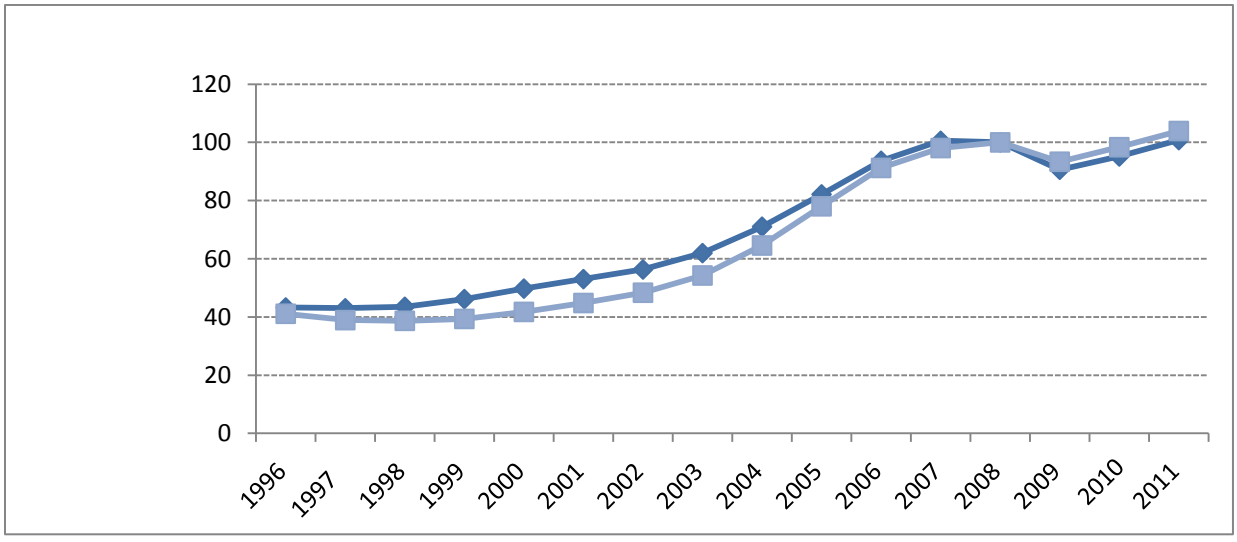


Figure 45: Indice d'évolution des prix des logements anciens, base 100 en 2008.

Source : INSEE, Indice des prix des logements anciens

L'année de référence choisie est 2008 (base 100). L'analyse a été menée à la fois sur le prix d'ensemble et le prix au mètre carré. La carte ainsi que les tableaux et graphiques suivants présentent les statistiques descriptives des prix et prix au mètre carré des maisons et appartements, selon le niveau de bruit.

D'abord, l'analyse cartographique (figure 46) montre que, si l'on excepte les zones rurales où les prix sont comparativement plus faibles, les niveaux les plus bas sont enregistrés à proximité même de l'aéroport de Paris-CDG, en particulier pour les maisons. Pour les appartements, les prix sont moins sensibles à des niveaux de bruit élevés. De fortes corrélations spatiales apparaissent en outre entre le profil social des acquéreurs et les niveaux de prix des transactions. Là où le ratio CPIS / ouvriers est favorable aux CPIS, les prix sont plus élevés, pour les maisons comme pour les appartements, et inversement dans le cas où les ouvriers sont dominants. Les communes voisines de Roissy CDG ne sont pas celles où les catégories aisées exercent de fortes pressions contribuant à l'amorce de processus de gentrification (Desponds et Bergel, 2013).

Les analyses statistiques sur l'ensemble de la période 2002-2008 (sauf 2007) présentées dans les figures 47 à 50 ainsi que les tableaux 48 à 51 confirment ces tendances. Les prix sont représentés en euros 2008.

Ainsi, pour les maisons, le prix moyen et le prix au mètre carré diminuent en fonction du niveau de bruit, à partir de 54 dB(A). Le prix moyen varie entre 3 38185 euros (zone 54 dB(A)) à environ 100 000 euros (zone > ou = à 66 dB(A)). Au total, l'échantillon représente en moyenne 303 642 euros. Le prix au mètre carré, quant à lui, varie entre 3 324 euros (zone 54 dB(A)) et 2 443 euros pour la zone la plus exposée. Le prix au mètre carré est en moyenne de 3100 euros pour l'ensemble de l'échantillon.

Pour les appartements, le prix le plus élevé correspond à la zone [52-53[dB(A) (environ 785 700 euros) et le plus faible à la zone [58-59[dB(A), avec seulement environ 138 600 euros. Au total, l'échantillon représente en moyenne un peu plus de 166 700 euros. Pour le prix au mètre carré, on observe également la valeur la plus élevée dans la zone [52-53[dB(A) (environ 3000 euros) et la valeur la plus faible dans la zone [58-59[dB(A) (environ 2100 euros). Pour l'ensemble de l'échantillon, le prix au mètre carré est de 2 880 euros.

Soulignons cependant que, les écarts-types sont élevés, indiquant que les prix et prix au mètre carré cachent de fortes disparités. De plus, on observe que les intervalles de confiance se chevauchent. Cela signifie que, que certaines zones possèdent des moyennes possibles compatibles. Les prix sont donc à analyser avec prudence.

Si l'analyse des prix bruts contribue à dégager une première segmentation spatiale, elle se trouve confrontée aux risques liés à la diversité même des biens acquis (Desponds, 2015). Les prix de l'immobilier peuvent en effet être affectés par de multiples variables qualitatives (ancienneté du bien, localisation de celui-ci à proximité ou non d'un certain nombre d'équipements urbains ou d'infrastructures de transport, cadre de vie, etc.). Le prix d'un bien immobilier peut être analysé comme la résultante de ces multiples variables qualitatives. Si la base BIEN ne permet pas de saisir toutes les caractéristiques intrinsèques d'un logement[50], elle ouvre néanmoins la possibilité de mise en œuvre d'une méthodologie hédonique cherchant à mesurer l'impact spécifique de telle ou telle qualité du bien et son incidence dans la construction du prix.

[50] Par exemple, aucune information n'est fournie sur le niveau d'insonorisation du logement, critère qui dans la zone étudiée peut avoir une incidence forte sur le prix du bien, en particulier s'agissant des orientations. Il en va de même de l'orientation par rapport aux pistes.

AEROPORT DE PARIS-CDG

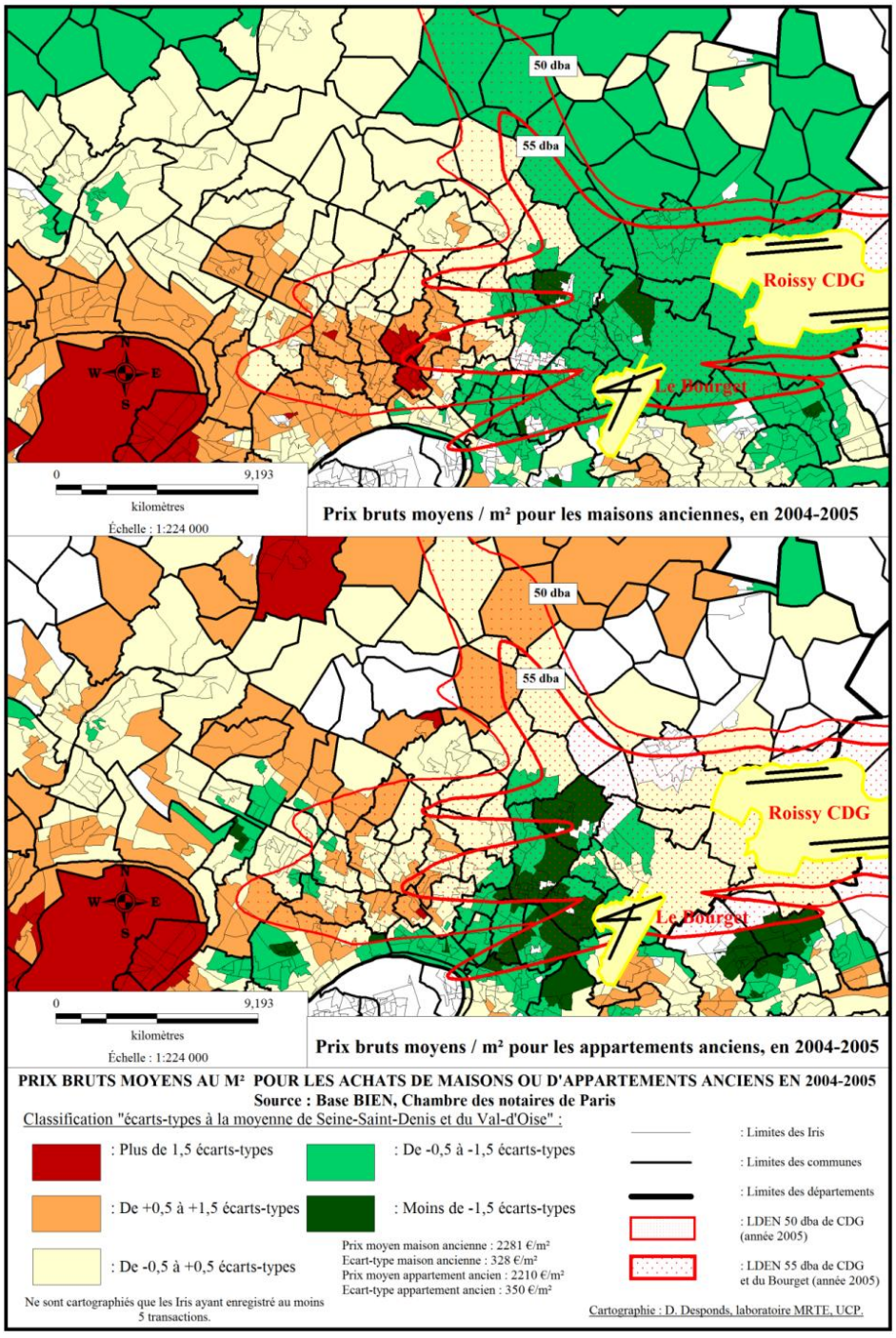


Figure 46: Prix bruts moyens au m² pour les achats de maisons ou d'appartements anciens, autour de l'aéroport de Paris-CDG, en 2004-2005.

Source : D. Desponds, 2013 ; Base BIEN, Chambre des Notaires de Paris

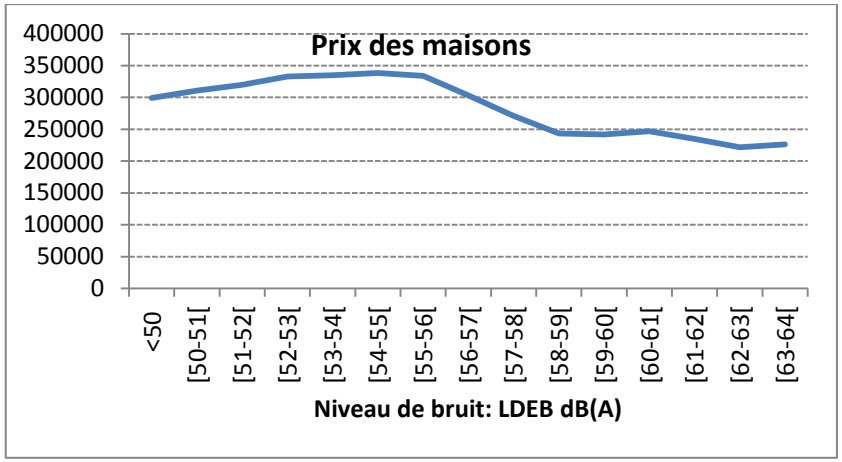


Figure 47: Prix des maisons selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008).

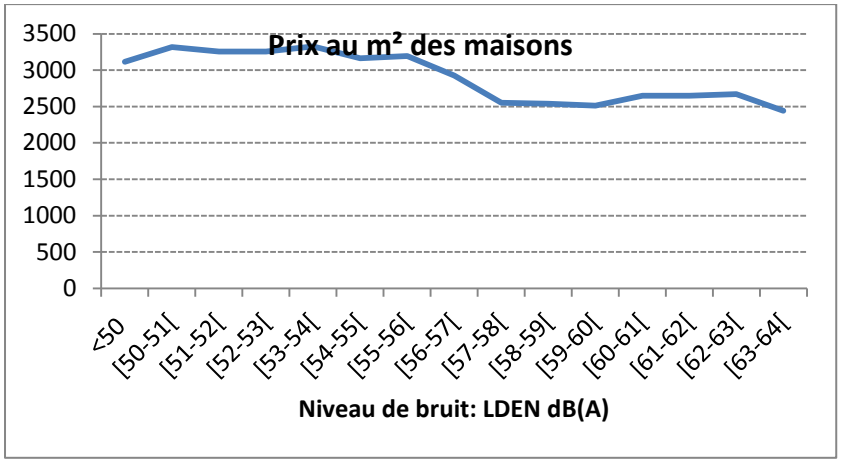


Figure 48: Prix au m² des maisons selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008).

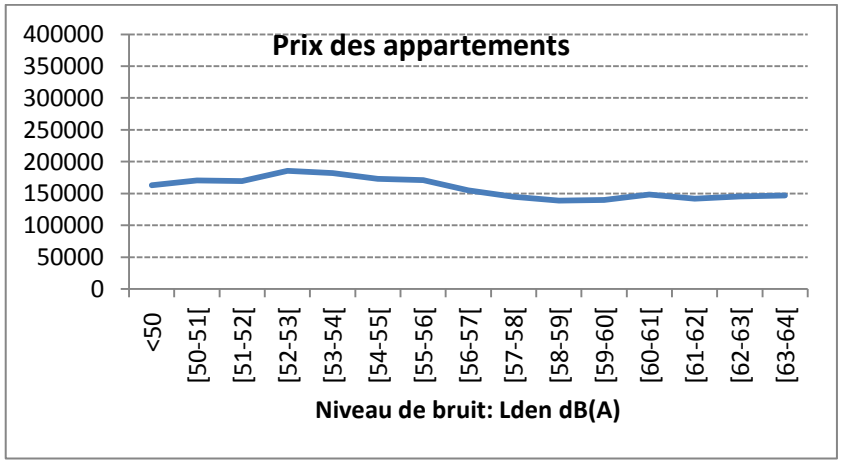


Figure 49: Prix des appartements selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008).

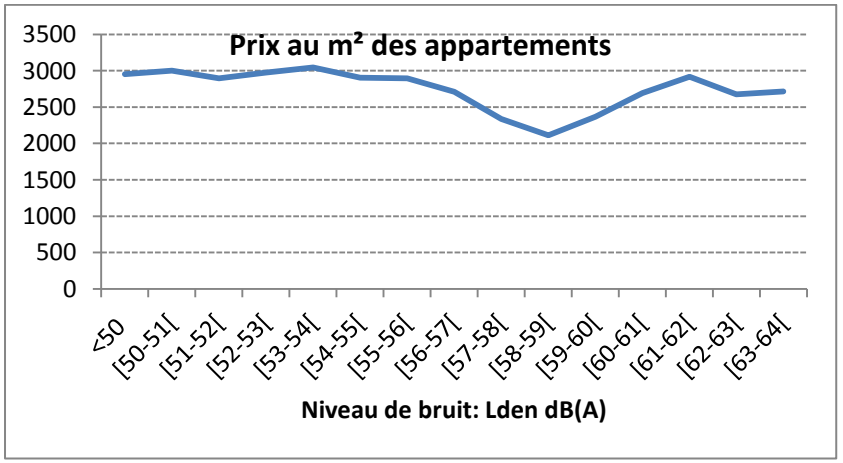


Figure 50: Prix au m² des appartements selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008).

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
<50	9395	299243	110004	1135	297018	301467	8166	1505316
[50-51[	1420	310752	117159	3109	304653	316851	46341	1497280
[51-52[	1348	319954	118721	3234	313611	326298	49176	1001807
[52-53[	1122	332657	134427	4013	324783	340531	59346	1245634
[53-54[	1145	334856	143204	4232	326552	343159	39339	1451220
[54-55[	1178	338185	166093	4839	328690	347679	47805	1693548
[55-56[	896	334032	159362	5324	323584	344481	36882	1380000
[56-57[	744	303067	142701	5232	292796	313337	24390	972886
[57-58[	580	271081	115331	4789	261675	280487	19677	1050000
[58-59[	367	243622	69909	3649	236445	250798	18293	579268
[59-60[	258	241848	69582	4332	233317	250379	16392	491935
[60-61[	440	246814	70704	3371	240189	253439	63380	524864
[61-62[	342	234885	64933	3511	227979	241792	37634	491771
[62-63[	163	221591	56194	4401	212899	230282	17000	435568
[63-64[	89	226176	67792	8282	209640	242712	83871	516360
Total	19484	303642	122876	880	301916	305367	8166	1693548

Tableau 48: Statistiques descriptives des prix des maisons, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008).

Source : BIEN, Chambre des Notaires, 2002-2008(sauf 2007)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
<50 B(A)	5153	3113	733	10	3093	3133	615	10035
[50-51[	706	3316	1684	63	3191	3440	504	42779
[51-52[	514	3254	764	34	3188	3320	1014	7234
[52-53[	373	3257	824	43	3173	3340	706	7999
[53-54[	318	3324	828	46	3233	3416	1279	6559
[54-55[	272	3165	805	49	3069	3261	1175	6364
[55-56[	180	3193	929	69	3056	3329	762	5944
[56-57[	110	2925	805	77	2772	3077	580	5273
[57-58[	122	2553	669	61	2433	2673	726	4116
[58-59[	70	2540	549	66	2409	2671	1472	4288
[59-60[	66	2513	503	62	2390	2637	859	4143
[60-61[	116	2648	589	55	2540	2757	796	4800
[61-62[	78	2649	543	62	2527	2772	1218	3926
[62-63[	22	2669	479	102	2456	2881	1157	3386
[63-64[	9	2443	224	75	2271	2615	1944	2720
Total	8109	3124	882	10	3105	3143	504	42779

Tableau 49: Statistiques descriptives des prix au m² des maisons, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008).

Source : BIEN, Chambre des Notaires, 2002-2008(sauf 2007)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
<50 B	8047	163130	58693	654	161847	164412	12524	702479
[50-51[	1634	170678	57517	1423	167887	173469	15442	506198
[51-52[	1730	169594	56220	1352	166943	172245	33691	503963
[52-53[	2018	185781	69825	1554	182733	188830	19652	840318
[53-54[	2102	181792	87211	1902	178062	185523	13812	1070651
[54-55[	2151	173008	80375	1733	169610	176407	13932	782051
[55-56[	1988	170829	96570	2166	166581	175076	2412	1306562
[56-57[	1157	154777	77472	2278	150308	159246	2808	488582
[57-58[	782	144643	61039	2183	140359	148928	8000	733471
[58-59[	751	138638	42894	1565	135565	141710	19737	379548
[59-60[	275	139596	40870	2465	134744	144448	21179	262897
[60-61[	155	148427	34675	2785	142925	153929	28306	250000
[61-62[	185	141566	47216	3471	134717	148414	16447	270928
[62-63[	114	145438	47434	4443	136637	154240	40000	269737
[63-64[	174	146980	55689	4222	138647	155313	31308	437901
Total	23264	166782	69694	457	165887	167678	2412	1306562

Tableau 50: Statistiques descriptives des prix des appartements, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008).

Source : BIEN, Chambre des Notaires, 2002-2008(sauf 2007)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
<50 B	6687	2951	815	10	2931	2971	502	24866
[50-51[	1286	3001	662	18	2965	3037	505	5531
[51-52[	1341	2893	684	19	2856	2930	1089	5771
[52-53[	1599	2973	919	23	2927	3018	577	20835
[53-54[	1682	3046	855	21	3005	3087	531	8423
[54-55[	1682	2904	926	23	2860	2948	537	7070
[55-56[	1535	2896	1098	28	2841	2951	542	21776
[56-57[	931	2711	892	29	2654	2769	255	5667
[57-58[	621	2336	843	34	2270	2403	632	10786
[58-59[	562	2111	611	26	2060	2161	642	5000
[59-60[	210	2366	654	45	2277	2455	1181	5128
[60-61[	141	2694	677	57	2581	2806	1179	4727
[61-62[	167	2916	600	46	2824	3008	781	4511
[62-63[	104	2676	507	50	2577	2774	1098	4136
[63-64[	158	2713	560	45	2624	2801	1204	4061
Total	18706	2882	862	6	2870	2894	205	24866

Tableau 51: Statistiques descriptives des prix au m² des appartements, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008).

Source : Chambre des Notaires, 2002-2008(sauf 2007)

4.5.4. Résultats des modèles de prix hédoniques

4.5.4.1. RESUME DES RESULTATS

A partir de cette section, nous présentons successivement nos résultats des régressions à partir de la spécification log-log (reliant le logarithme du prix de vente aux différentes variables explicatives en logarithme ou sous forme de variables binaires), sur les 19 891 transactions de maisons et 21 264 transactions d'appartements. Le résumé de notre démarche est présenté dans l'encadré 4.

Concernant la sélection des caractéristiques pertinentes, nous avons utilisé la procédure pas à pas descendant « *backward selection*»[51]avec le logiciel SPSS. Cette procédure consiste à inclure toutes les variables choisies puis de retirer progressivement les non significatives. Seules ont été retenues dans le modèle final les variables contribuant significativement au potentiel explicatif du modèle et n'étant pas corrélées avec d'autres variables indépendantes. Ainsi, l'idée d'intégrer les variables indiquant les caractéristiques sociaux du voisinage ainsi que les indicateurs d'accessibilité a été écartée car elle conduit à introduire de gênantes corrélations avec la variable bruit des avions (par exemple, la corrélation entre bruit des avions /distance Roissy-CDG = -0,814 (sig. = 0,000) pour les appartements et 0, 678(sig. =0,000) pour les maisons). Finalement, nous n'intégrons comme variables de localisation que les variables binaires indiquant l'IRIS et le niveau de bruit routier et ferroviaire. De même, nous n'avons pas intégré le nombre de pièces dans le modèle car il est fortement corrélé avec la surface (coefficient de corrélation linéaire =0,745 pour les maisons et 0,872 pour les appartements) et nous avons conservé la variable la plus significative des deux. Toutefois nous avons ajouté une variable construite à partir de ces deux dernières : la surface moyenne par pièce, dont la corrélation avec la surface est plus faible (coefficient de corrélation de 0,3 pour les maisons et 0,05 pour les appartements). Dans l'étude menée par l'IAU/IFFSTAR (2011), les auteurs ont procédé de la même manière.

[51]La procédure démarre en estimant les paramètres du modèle complet incluant toutes les variables explicatives que l'on a sélectionnées et jugées pertinentes à introduire. A chaque étape, la variable associée à la plus grande p-value (du test de F partiel ou de Student) est éliminée du modèle, si cette valeur est supérieure au seuil fixé *a priori* (en général 10% ou 5%). La procédure s'arrête lorsque les variables restant dans le modèle ont toutes une p-value plus petite que le seuil.

Les qualités des ajustements statistiques sont tout à fait correctes; elles sont conformes à ce qui est obtenu dans la littérature pour ce type d'analyse. Le coefficient de corrélation (R^2 ajusté) indique la part de la variance de la variable dépendante (le prix des maisons ou des appartements) qui est expliquée par la régression. Plus ce coefficient est proche de 1, meilleure est l'estimation économétrique. Nous obtenons ici des valeurs avoisinantes de 0,75 pour les maisons et 0,81 pour les appartements, ce qui signifie que les attributs que nous avons considérés expliquent 75 % et 81% du prix observé des maisons et celui des appartements, respectivement.).

Par ailleurs, pour tous les modèles, les sens des relations correspond au signe attendu pour chacune des caractéristiques.

Nous avons testé l'hypothèse d'absence d'autocorrélation spatiale des résidus de la MCO. Les résultats du test de Moran pour les deux modèles montrent que les statistiques I de Moran[52] ne sont pas significatif pour les deux types de biens. Nous pouvons donc rejeter l'hypothèse de présence d'autocorrélation spatiale. L'introduction de variables binaires pour chaque IRIS ainsi que du coordonné x s'est donc avéré suffisante pour exclure du modèle l'autocorrélation spatiale.

L'application du test de Preush- Pagan a conduit à rejeter l'hypothèse nulle d'absence d'hétéroscédasticité (Pi = 0,000). Pour parer à ce problème, nous avons utilisé la méthode du moindre carré généralisée (MCG). Cela n'a pas changé la valeur des coefficients.

[52] Voir encadré n°3 sur le test de Moran.

Résumé de la démarche économétrique

Etape 1 : Estimation par la méthode des MCO sur SPSS 19 (méthode *backward*) et analyse de l'autocorrélation spatiale (test de Moran, avec la méthode de contigüité) sur SPACESTAT 2 sur l'ensemble de la base des données.
Conclusion : rejeter l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation

Solution 1 : *accroître le nombre de variables exogènes, mais certaines variables sont non significatives à cause de la multicolinéarité.*

Solution 2 : tester deux modèles : le SLD et le SED. On note que pour ces autres tests, SPACESTAT 2 ne peut supporter que 3000 observations soit environ 30% de la base de données (nous avons ainsi dû tester plusieurs sous-échantillons).

Etape 2 : Estimation de deux modèles : le SLD et le SED
Conclusion : Le rejet de l'hypothèse nulle indique une mauvaise spécification du modèle et une omission de l'autocorrélation spatiale.
Le test *LMERR* (Lagrange Multiplier error) et sa version robuste sont significatifs alors que *LMLAG* (Lagrange Multiplier lag) et sa version robuste ne sont pas significatifs. Par conséquent, l'autocorrélation spatiale est de la forme « autocorrélation des erreurs ».
Avec le modèle à autocorrélation des erreurs (avec 2000 observations car la mémoire est insuffisante), le LM^*_{ERR} n'est plus significatif : on ne peut donc pas rejeter le modèle de la seule autocorrélation des erreurs.

Solution3 : selon Nelson (2007), une solution économétrique simple est d'inclure un terme polynomial pour la latitude et la longitude pour chaque propriété. C'est la seule solution faisable, à notre niveau, surtout pour adresser des autocorrélations dans les termes d'erreur.

Etape 3 : Régression par la méthode des MCO en y intégrant les coordonnées géographiques

L'intégration des coordonnées spatiales a bouleversé le modèle : *Y* (la longitude) n'est pas significative. On a donc enlevé *Y* de la régression car une brève description des deux variables spatiales montre qu'effectivement *Y* ne change pas beaucoup entre les logements, son coefficient de variation étant très faible (0,1%), ce qui pourrait expliquer sa non-significativité.

Avec ce modèle, on a pu enlever l'autocorrélation : le test de Moran sur SPACESTAT 2 nous donné ce qui suit :

	Moran's I	P value
Maison	0,010429	0,074000
Appartement	0,040001	0,062000

Conclusion : on accepte l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation.
Donc, ce sont les résultats de ce dernier modèle que nous avons gardé.

Solution 4 : Estimation par la méthode des moindres carrées généralisées

Enfin, nous avons estimé un modèle par la méthode des MCG. Effectivement, les coefficients du modèle n'ont pas changé.

NB : les études reportées concernent majoritairement un nombre faible d'observations. Ce qui fait que les auteurs n'ont pas eu des problèmes de logiciel ni d'insuffisance de mémoire. On note que Theebe (2004) a travaillé sur 160.000 observations mais il a subdivisé sa base de données en cinq petits échantillons selon la juridiction politique, qui sont ensuite divisées en sous-marchés selon le revenu, la date de la transaction et le type de propriété. L'étude de Dekkers et al. a utilisé 66.000 observations mais pour des raisons pratiques, ils ont fait une analyse d'autocorrélation spatiale sur seulement 30% des observations.

Encadré 4: Résumé de la démarche économétrique

Les cinq modèles font apparaître les mêmes variables significatives et les valeurs des coefficients sont quasiment identiques. Conformément à la littérature, les caractéristiques intrinsèques aux biens immobiliers jouent un rôle prépondérant dans la détermination des prix.

L’année et le mois de la mutation jouent également un rôle important. De même, les variables extrinsèques, représentées par les IRIS jouent également un rôle important, et cette variable permet de prendre en compte d’autres déterminants des prix liés au voisinage inobservables. Conformément à nons attentes, le bruit des avions jouent un rôle significatif sur les prix immobiliers.

Compte tenu de la proximité des résultats obtenus, seuls les résultats du modèle M1 est présenté ici (tableau 52). Ils vont servir de référence pour les commentaires. Afin d’alléger la taille du tableau, nous ne présentons ici qu’un extrait des résultats. Le résultat complet est présenté en annexes (annexe 9). Pour les autres modèles, seuls les coefficients relatifs à la variable bruit des avions sont présentés.

MAISONS		
Variables	**B**	**Effet sur le prix (1)**
(Constant)	9,376***	11806,26
Annee_2003	0,101***	10,6%
Annee_2004	0,226***	25,4%
Annee_2005	0,375***	45,5%
Annee_2006	0,506***	65,9%
Annee_2008	0,575***	77,7%
Février	0,019***	1,9%
Mars	0,025***	2,5%
Avril	0,029***	2,9%
Mai	0,028***	2,8%
Juin	0,062***	6,4%
Juillet	0,072***	7,5%
Août	0,094***	9,9%
Septembre	0,085***	8,9%
Octobre	0,074***	7,7%
Novembre	0,075***	7,8%
Décembre	0,094***	9,9%
EP_1914M	0,034***	3,5%
EP_1970_1980	0,063***	6,5%
EP_1981_1991	0,073***	7,6%
EP_SUP_1992	0,103***	10,8%
Surface/pièce	-0,023***	0,0%
Surface (Ln)	0,387***	0,4%
Terrain (Ln)	0,188***	0,2%
SLDB (non)	-0,193***	-17,6%
SLDB (2 et +)	0,089***	9,3%
GARAGE (non)	-0,047***	-4,6%
GARAGE (2 et +)	0,051***	5,2%
Niveau (<ou=1)	-0,055***	-5,4%
Niveau (3 et +)	0,03***	3,0%
Piscine (oui)	0,168***	18,3%
B_Route	-0,017***	-1,7%
B_50_55	-0,018***	-1,8%
B_56_62	-0,074***	-7,1%
B_63P	-0,146	-13,6%

APPARTEMENTS		
Variables	**B**	**Effet sur le prix (2)**
(Constant)	8,127***	3384,5
Annee_2003	0,117***	12,4%
Annee_2004	0,278***	32,0%
Annee_2005	0,470***	60,0%
Annee_2006	0,633***	88,3%
Annee_2008	0,731***	107,7%
Février	0,017***	1,7%
Mars	0,009*	0,9%
Avril	0,021***	2,2%
Mai	0,039***	4,0%
Juin	0,065***	6,8%
Juillet	0,082***	8,5%
Août	0,089***	9,3%
Septembre	0,092***	9,6%
Octobre	0,089***	9,4%
Novembre	0,092***	9,6%
Décembre	0,111***	11,7%
EP_1914M	0,025***	2,5%
EP_1970_1981	0,011***	1,1%
EP_1981_1991	0,053***	5,5%
EP_1992_2000	0,119***	12,7%
EP_1992P	0,114***	12,1%
Surface (Ln)	0,761***	0,8%
SLDB_0	-0,073***	-7,0%
SLDB_2P	0,034***	3,4%
GARAGE (non)	-0,067***	-6,5%
GARAGE (2 et +)	0,044***	4,5%
ETAGE (0)	-0,019***	-1,9%
ETAGE (2)	0,014***	1,5%
Etage (5 et +)	-0,014***	-1,4%
Terrasse (oui)	0,032***	3,3%
Jardin (oui)	0,058***	6,0%
B_Ferroviaire	0,020***	2,0%
B_50_55	-0,042***	-4,1%
B_56_62	-0,072***	-7,0%

NOTE : *** et ** indiquent que le coefficient est statistiquement significatif aux seuils de 1 et 5%. Cela signifie qu'on ne peut par rejeter l'hypothèse que les véritables effets soient différents de zéro (avec 1 et 5% de chance de se tromper, respectivement).
(1) et (2) sont des valeurs calculées à partir des coefficients de régression (voir section pour la méthode de calcul)

Tableau 52: Résultats des estimations des modèles de prix hédoniques sur Paris – CDG

Avant d'examiner l'effet de la variable bruit des avions, nous présentons d'abord les résultats des autres caractéristiques.

4.5.4.2. INTERPRETATIONS DES RESULTATS

4.5.4.2.1. LES CARACTERISTIQUES STRUCTURELLES

Les effets des variables structurelles sur les prix ne sont guère surprenants et plutôt conformes aux résultats dans les littératures empiriques. L'analyse des fonctions de prix hédoniques permet d'abord de mettre en évidence l'importance des certaines caractéristiques structurelles des logements dans le choix résidentiel des ménages acquéreurs de maisons et d'appartements autour de l'aéroport de Paris-CDG. En effet, ces caractéristiques structurelles avec les années et mois de la transaction permettent, si on restreint le modèle à ces seules variables, d'expliquer 62,9 % de la variance expliquée pour les maisons et 59,2% de la variance expliquée pour les appartements. Elles sont robustes à l'introduction des variables relatives aux caractéristiques extrinsèques.

On retrouve comme caractéristiques significatives : l'époque de construction, la surface habitable et la surface par pièce (maison), la surface du terrain (maison), le nombre de salle de bain, le nombre de garage, le niveau (maison) ou l'étage (appartement), la présence d'une piscine (maison), d'un jardin ou d'une terrasse (appartement).

Quelques effets sur les prix d'acquisition peuvent être quantifiés.

Le prix d'une maison est croissant avec sa surface et sa surface de terrain. Ainsi, 10% de surface en plus (10m²) élève le prix de 4% et 10% de surface de terrain en plus (46 m²) l'augmente de 2%. La variable surface par pièce joue également un rôle significatif et négatif dans la détermination des prix des maisons, bien que son ampleur soit très faible. Toutes choses égales par ailleurs, en particulier à surface égale, le prix d'une maison décroît de 0,02% avec la surface moyenne par pièce, ce qui signifie qu'il croît avec le nombre de pièces, à surface totale égale. Dans le cas des appartements, le prix croît également avec la surface du logement. Ainsi, 10% de surface en plus (6 m²) augmente le prix d'un appartement de 8%.

L'absence ou la présence d'éléments de confort influence également les prix des logements. L'absence de garage diminue le prix d'une maison de 4,6% et celui d'un appartement de 6,5%. Par contre, disposer de deux garages ou plus augmente le prix des maisons et des appartements de 5,2 % et 4,5%, respectivement. Si disposer d'une salle de bain devient standard, la présence d'une ou plusieurs salles de bains supplémentaires apparaît comme un élément de confort moins fréquent. Cela augmente le prix d'une maison de 9,3% et celui d'un appartement de 3,4%. Inversement, ne pas avoir de salle de bain diminue le prix des logements (17,6% pour les maisons et 7% pour les appartements). Par ailleurs, la présence d'une piscine augmente le prix d'une maison de 18,3%.

La hauteur du logement a également une influence sur le prix. Le prix d'une maison augmente avec le nombre d'étages. Le prix d'une maison de plain pied ou de un étage est, toutes choses égales par ailleurs, moins élevé (de 5,4%) que celui des maisons de deux étages. En revanche, une maison de trois étages ou plus est de 3 % plus chère qu'une maison de deux étages. Pour les appartements, le prix d'un appartement situé au rez de chaussé vaut 2% de moins que le même appartement situé au troisième étage. Un appartement avec terrasse vaut 3,3% de plus qu'un appartement sans terrasse et celui avec jardin 6% de plus.

4.5.4.2.2. LES CARACTERISTIQUES TEMPORELLES

L'effet de la variable année est positif, révélant la hausse de prix tendancielle qu'a connu le prix immobilier au cours de notre période d'observation. Par rapport à 2002, le prix des appartements augmente plus vite que celui des maisons (figure 51). Ces résultats sont cohérents avec la tendance observée des prix immobiliers anciens en France : selon l'INSEE, depuis 2001, le prix des appartements augmente plus que celui des maisons (Rougerie et Friggit, 2010).

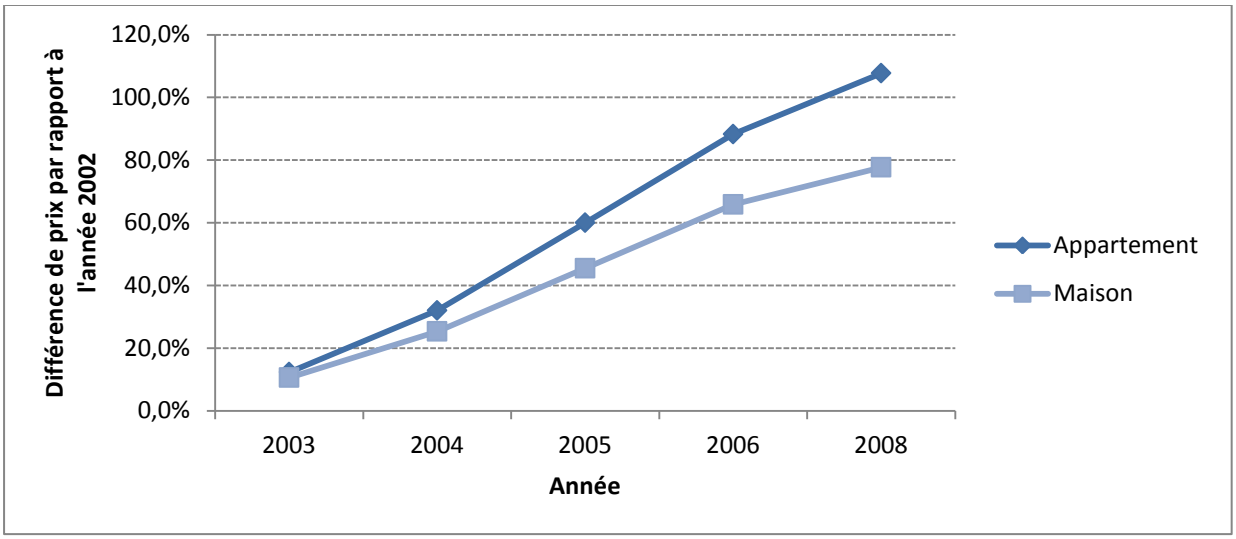


Figure 51: Variation annuelle des prix des maisons et des appartements anciens.

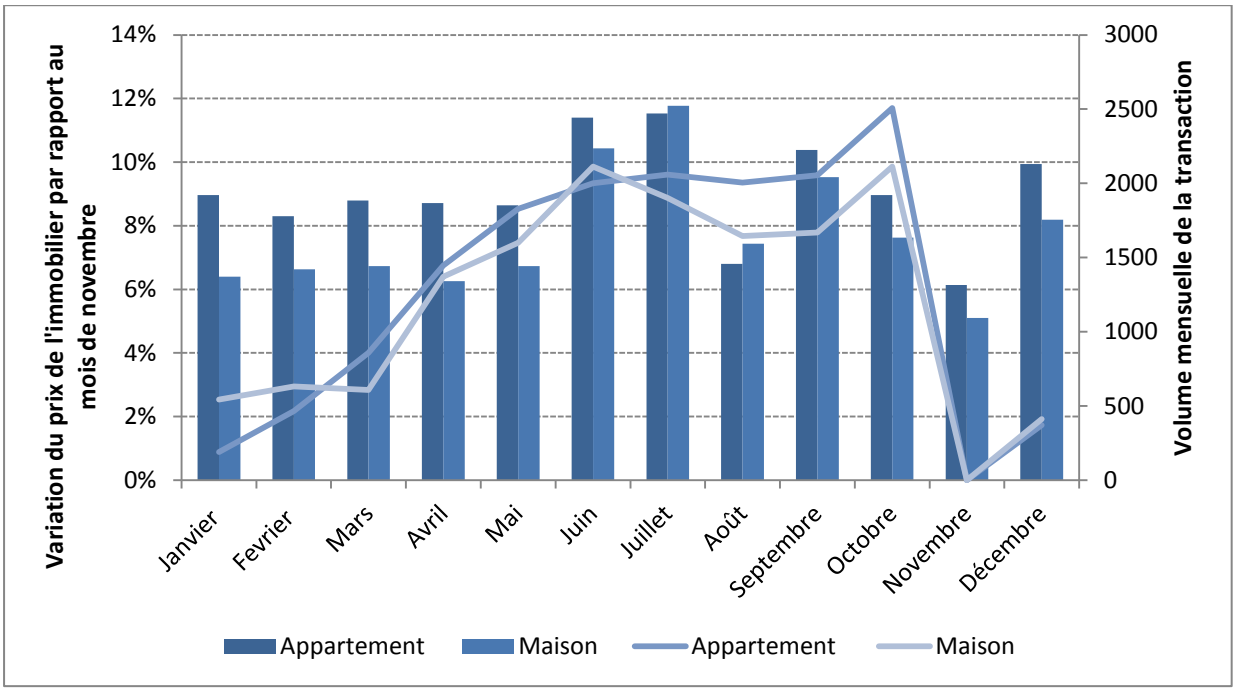
L'effet saisonnier, mesuré par les mois des transactions influence également le prix. Il peut y avoir un écart de 2 à 10% (maison) et de 1 à 12% (appartement) sur le prix de l'immobilier en fonction du moment dans l'année auquel on achète un logement.

Une explication de nature descriptive peut être avancée pour expliquer ces résultats. Comme le montre la figure 49, il semble que l'augmentation des prix peut trouver sa source dans les mouvements d'offre et de demande.

En effet, d'une part, l'immobilier est un marché saisonnier. En fonction du mois de l'année, le volume de transaction et les prix n'évoluent pas de la même manière. Ces mouvements ont des raisons diverses. De manière factuelle**,** les auteurs ont souvent évoqué la nécessité des familles d'acquérir leur bien immobilier avant les rentrées scolaires, la concentration des mariages au printemps et en été, notamment **(**Goodman, 1991 ; Tucker et al. 1995 ; Friggit, 2006 ; cité dans Faye et Le Fur, 2010). Ainsi, le volume de transactions immobilières varie en fonction de la période de l'année. Ces variations importantes sur les volumes de transaction ont un effet sur les prix. Lorsqu'il y a beaucoup plus d'acheteurs sur le marché à un moment donné, cela favorise la concurrence entre eux par rapport à l'offre de biens à vendre à ce moment-là. La tension se ressent donc logiquement sur les prix.

D'autre part, en France, l'acte de vente est en moyenne signé trois mois après la signature du compromis de vente[53]. Les bases de données immobilières notariales sont constituées à partir des actes qui sont effectivement signées. Cela signifie que les transactions enregistrées par les notaires, au mois de juin par exemple se concluent au cours du mois d'avril.

Le graphique suivant (figure 52) superpose la variation mensuelle du prix de l'immobilier (en tenant compte du délai de trois mois de signature de l'acte de vente) et le volume de transactions, en fonction du mois de vente. Comme le montre le graphique, on retrouve les mêmes pics et les mêmes creux entre prix et volume de transactions.



NOTE: dans nos modèles de PH, le mois de référence est le mois de janvier. Dans le graphique, nous avons pris en compte le délai de trois mois relatif à la signature de l'acte de vente. Les résultats ont donc été glissés en fonction de cela. C'est pourquoi, pour chaque mois, on ne retrouve pas les mêmes coefficients que ceux affichés dans le tableau 39. Par exemple, les coefficients relatifs au mois de février dans le tableau correspondent au mois de décembre dans la figure (février moins trois mois, celui relatif au mois de mars correspond au mois de janvier dans la figure, et ainsi de suite.

Figure 52: Volume et variation mensuelle du prix immobilier autour de Paris-CDG

[53]Ce delai est dû à plusieurs raisons, notamment : les sept jours du délai de rétractation de l'acheteur, l'obtention du crédit immobilier, le droit de préemption de la mairie... Et puis beaucoup de questions se bousculent dans la tête des futurs acheteurs. A qui et quand verser l'argent? Peut-on changer d'avis ?

4.5.4.2.3. LES CARACTERISTIQUES DE LOCALISATION

Outre les caractéristiques structurelles et temporelles, les variables de localisation mesurés par l'IRIS font également apparaître des incidences significatives sur les valeurs immobilières. L'effet sur le prix s'interprète par rapport à une localisation de référence, ici La-Frette-sur-Seine (commune La-Frette-sur-Seine) pour les maisons et Le Val-d'Herblay (commune Herblay) pour les appartements[54]. Chaque valeur indique à ce titre le consentement à payer pour que la maison (l'appartement) soit située dans l'IRIS X plutôt qu'à La-Frette-sur-Seine (maison) ou à au Val-d'Herblay (Appartement). Nous pouvons constater que les taux de variations induites par les IRIS varient fortement d'un IRIS à un autre :

- entre -37% à 71%, (moyenne = -3,5%, écart-type = 16%), par rapport à l'IRIS de référence pour les maisons ;
- -58% à + 63 %, (moyenne = 6%, écart-type = 24%) par rapport à l'IRIS référence pour les appartements.

Les impacts sur le prix des variables IRIS sont reportés dans les cartes suivantes (figures 53 et 54). La variable IRIS est sensée représenter toutes les caractéristiques de localisation inobservées. D'après ces résultats, il pourrait engober :

- de la situation socio-économique du voisinage : on valorise plus les IRIS dans lesquels on observe une proportion importante de ménages de catégorie sociale élevée (telle que mesurée par l'indice de défaveur sociale) ou de rapport CSP ouvriers élevés.
- de l'image liée à la « *mauvaise réputation des ZUS* » : la superposition de ces cartes avec celles du contour des ZUS indique la localisation des ZUS est fortement corrélée avec les valeurs de localisation des IRIS. Les IRIS avec les valeurs les plus faibles se trouvent presque systématiquement dans un ZUS.
- de la proximité par rapport à l'aéroport. D'après les résultats concernant les appartements, il semble que la proximité à l'aéroport est perçue comme une externalité positive. En effet, l'impact de l'IRIS «Roissy-en-France» est positif. En effet, cet IRIS qui est situé à

[54] Notons que ces localisations ne sont pas situées dans une zone de bruit du PEB.

proximité immédiate de l'aéroport (il s'agit d'un IRIS d'activité) et est exposé à des niveaux de bruit élevés demeure fortement valorisé (+ 20,3%, 27 observations). Ce résultat est soutenu par J.P.Cohen et C.C. Coughlin (2007). Après avoir contrôlé l'effet de la variable bruit des avions, ils ont trouvé que l'élasticité prix de la variable «distance par rapport à l'aéroport» est négative : un accroissement de 1% de la distance par rapport à l'aéroport correspond à une diminution de 0,15% du prix de vente. La théorie de localisation nous enseigne que dans les modèles avec aménité, le comportement des ménages en termes de choix de localisation résidentielle se traduit par un arbitrage entre distance au centre et aménités et type de logement (Alonso, 1964 ; Beckerich, 1997). La proximité d'un aéroport offre plusieurs avantages, par exemple l'accès aux emplois liés à l'aéroport et des services offerts par le transport aérien. Ainsi, le prix des logements peut capitaliser la valeur de ces aménités.

Ainsi, il existerait aussi d'autres raisons justifiant le penchant des acquéreurs pour les appartements situés en zone très bruyante, malgré leur prix relativement élevé. En conséquence le bruit ne peut pas être considéré de façon unilatérale comme le facteur déterminant du choix des acquéreurs autour d'un aéroport. Seules les enquêtes en termes de choix déclarés, permettront de corroborer les résultats indiqués par les modèles de prix hédoniques et de cerner les facteurs subjectifs des déterminants dans les choix résidentiels des ménages : proximité du travail, sensibilité au bruit, etc.

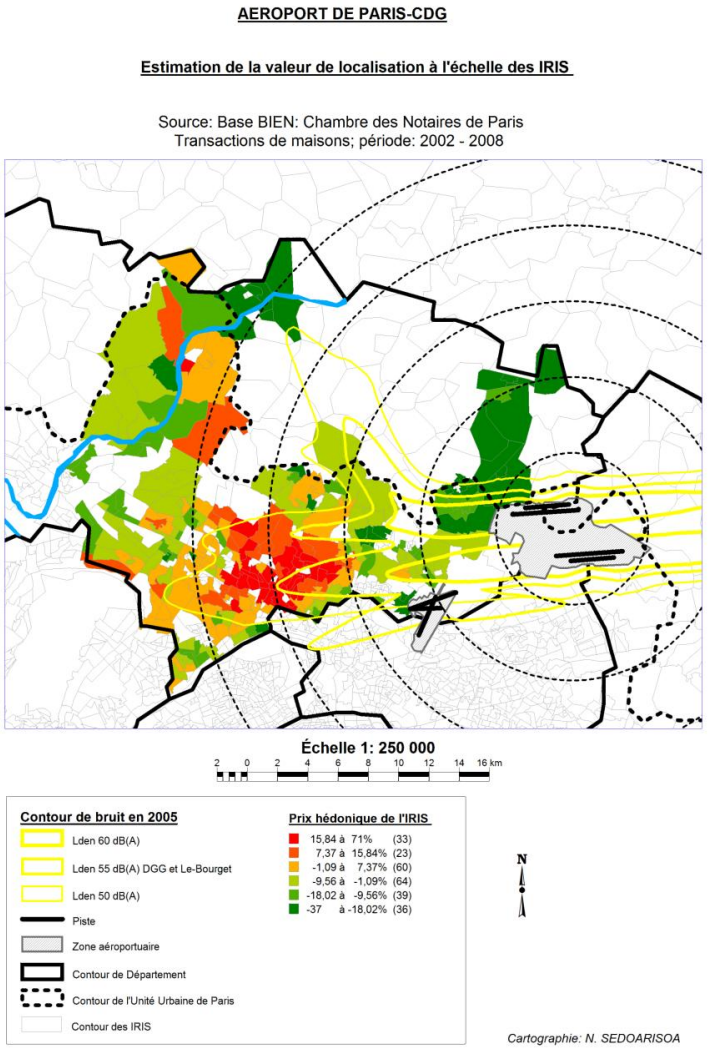


Figure 53: Valorisation/dévalorisation des IRIS autour de Paris-CDG : cas des maisons

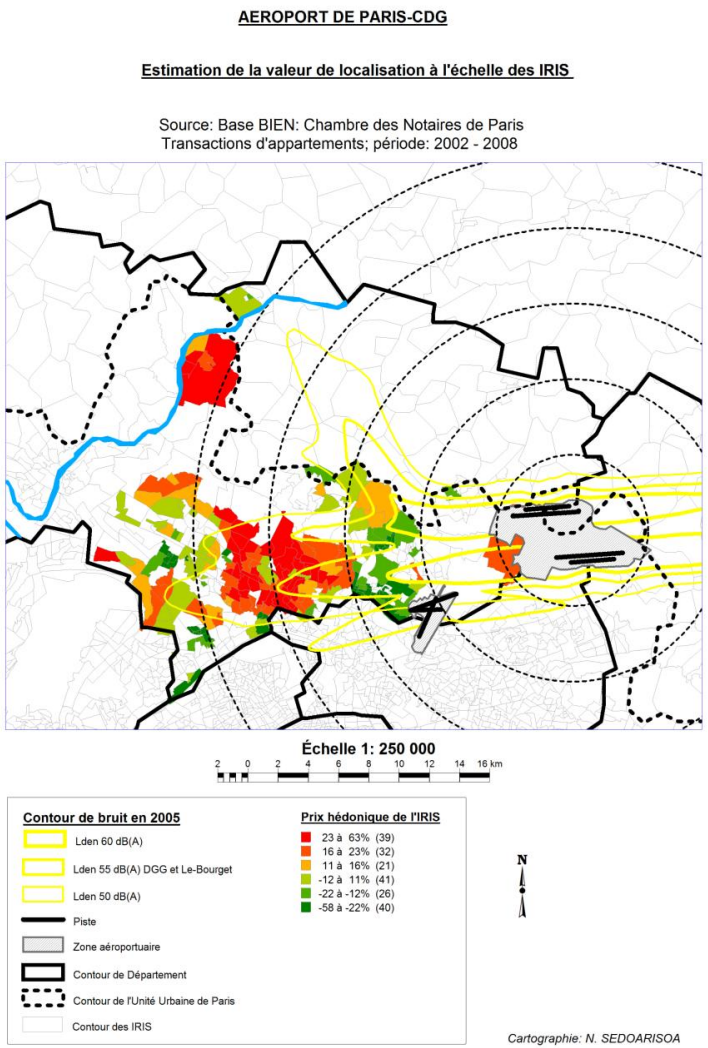


Figure 54: Valorisation/dévalorisation des IRIS autour de Paris-CDG : cas des appartements

4.5.4.2.4. LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

Outre le bruit des avions, les variables environnementales prises en compte sont : le bruit du transport routier et le bruit du transport ferroviaire.

Les bruits des transports routiers et ferroviaires exercent un effet sur le prix des logements, qui est statistiquement significatif, mais d'une ampleur faible. Le fait d'être exposé à un niveau de bruit routier supérieur à LDEN 55 dB(A) diminue le prix des maisons de 1,7%. Le fait d'être exposé à un bruit ferroviaire supérieur à LDEN 60 dB (A) diminue le prix d'un appartement de 2%.

Ceci nous amène naturellement à l'attribut qui nous intéresse particulièrement, l'exposition au bruit des avions.

4.5.4.2.5. DEPRECIATION DUE AU BRUIT DES AVIONS

L'impact du bruit des avions dans tous les modèles est statistiquement significatif. Cet impact est toujours négatif. Dans les paragraphes qui suivent, nous interprétons successivement les coefficients obtenus à l'aide des différents modèles :

Modèle M1: introduction de la variable bruit des avions sous forme de variables binaires construites selon les mêmes zonages que le PEB

Dans le modèle M1, le bruit des avions est intégré sous forme de variables binaires à l'aide de trois zones de bruit :

- zone 1 : zone exposée à un niveau de bruit compris entre LDEN 50 dB(A) et LDEN 56 dB(A)
- zone 2 : zone exposée à un niveau de bruit entre LDEN 57 dB(A) et LDEN 62 dB(A)
- zone 3 : zone exposée à un niveau de bruit supérieur ou égal à LDEN 63 dB(A)

Il s'agit en effet des mêmes zonages que le PEB. Les résultats sont présentés dans les tableaux 53 et 54.

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
B_[50-56[: zone 1	8037	-0,018***	-0,033	-0,003	-1,78%
B_[56-63[: zone 2	2271	-0,074***	-0,098	-0,050	-7,13%
B_>=63 : zone 3	89	-0,146***	-0,207	-0,085	-13,58%

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%

Tableau 53: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M1

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
B_[50-56[: zone 1	11623	-0,042***	-0,057	-0,027	-4,11%
B_[56-63[: zone 2	3419	-0,072***	-0,094	-0,051	-6,95%
B_>=63 : zone 3	175	NS***	-	-	-

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%. NS= Non significatif ;

Tableau 54: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M1

Les dépréciations des valeurs immobilières augmentent avec le niveau de bruit. Dans la zone 1, la décote est de -1,8% pour les maisons et -4,1% pour les appartements. Dans la zone 2, elle est d'environ 7% pour les deux types de bien. Dans la zone 3, elle atteint 13,6% pour les maisons. Par contre, le coefficient n'est pas significatif pour les appartements à cause du faible nombre des observations.

Modèle M2: introduction de la variable bruit sous forme de variable binaire par pas de 2 dB(A)

Dans le modèle M2, nous découpons les zones de bruit en plusieurs zones construites par intervalle de deux dB(A). Il est en effet intéressant d'un point de vue politique de savoir si l'impact observé est uniforme sur les zones précédemment définies. Le niveau de 2 dB(A) correspond à la plus petite variation du niveau sonore perceptible par l'oreille humaine. Les résultats ainsi obtenus sont les suivants (tableaux 55 et 56 et figure 55).

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
[50-52[: zone 1	2840	-0,015***	-0,030	0,001	-1,5%
[52_54[: zone 2	2315	-0,033***	-0,054	-0,012	-3,2%
[54_56[: zone 3	2113	-0,068***	-0,094	-0,043	-6,6%
[56_58[: zone 4	1358	-0,109***	-0,139	-0,078	-10,3%
[58_60[: zone 5	639	-0,131***	-0,166	-0,096	-12,3%
[60_62[: zone 6	805	-0,148***	-0,191	-0,104	-13,7%
>ou=62 : zone 7	258	-0,185***	-0,238	-0,133	-16,9%

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 55: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M2

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
[50-52[: zone 1	3364	-0,036***	-0,052	-0,021	-3,6%
[52_54[: zone 2	4120	-0,047***	-0,066	-0,028	-4,6%
[54_56[: zone 3	4139	-0,068***	-0,091	-0,046	-6,6%
[56_58[: zone 4	1939	-0,085***	-0,111	-0,059	-8,1%
[58_60[: zone 5	1026	-0,138***	-0,169	-0,106	-12,9%
[60_62[: zone 6	340	-0,130***	-0,185	-0,075	-12,2%
>ou=62 : zone 7	289	-0,122***	-0,198	-0,047	-11,5%

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 56: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M2

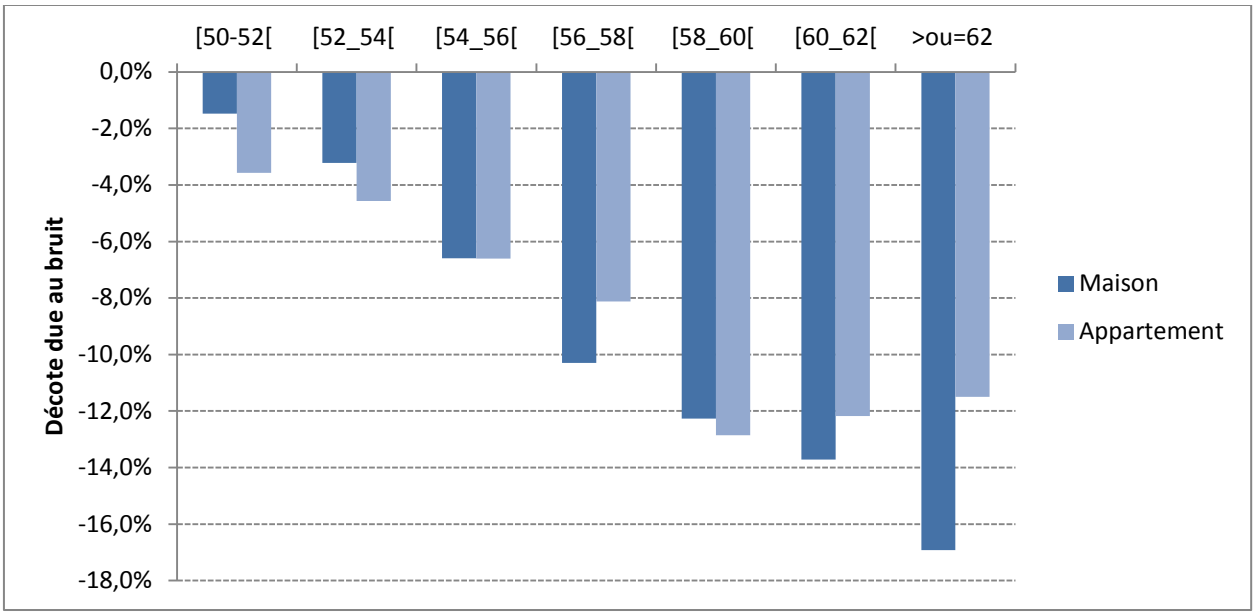


Figure 55: Décote due au bruit selon la zone : Modèle M2

Les résultats du modèle M2 apportent des informations intéressantes. Le bruit des avions a un impact négatif et croissant (en valeur absolue) sur le prix des maisons. Cet impact varie de -1,5% dans la zone 1 à environ 17% dans la zone la plus exposée. Pour les appartements, le bruit a également un effet négatif sur le prix, mais les coefficients estimés sont un peu surprenants : à moins de 58/59 dB(A), le bruit des avions a un effet négatif et croissant (en valeur absolue) sur le prix ; il a ensuite un effet toujours négatif mais qui décroît (en valeur absolue) à partir de 58/59 dB(A). On observe la décote la plus élevée pour les logements situés dans la zone [58-60[dB(A) (12,9%) alors qu'elle est de 11,5% dans la plus exposée (zone >ou=62 dB(A). Dans la zone [58-60[dB(A), La décote est même supérieure à celle des maisons. La décote la plus faible est observée dans la zone la moins exposée (-3,6%).

On observe aussi que pour le niveau de bruit élevé (supérieur à 60 dB(A)), la décote est plus élevée pour les maisons par rapport aux appartements. C'est l'inverse qui se produit pour le niveau de bruit faible (inférieur à 54 dB(A).

Modèle M3: introduction de la variable bruit des avions sous forme de variables binaires par pas de un dB(A)

Dans le modèle M3, nous avons découpé le plus finement possible les intervalles pour gagner davantage en précision. Les zones de bruit sont construites par pas de 1 dB(A). Les résultats sont présentés dans les tableaux 57 et 58 et la figure 53.

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
[50-51[: zone 1	1461	-0,011***	-0,028	0,006	-1,1%
[51_52[: zone 2	1379	-0,020***	-0,040	-0,001	-2,0%
[52_53[: zone 3	1148	-0,033***	-0,056	-0,010	-3,2%
[53_54[: zone 4	1167	-0,034***	-0,060	-0,009	-3,4%
[54_55[: zone 5	1196	-0,057***	-0,085	-0,029	-5,5%
[55_56[: zone 6	917	-0,096***	-0,127	-0,066	-9,2%
[56-57[: zone 7	769	-0,115***	-0,148	-0,082	-10,9%
[57_58[: zone 8	589	-0,136***	-0,173	-0,100	-12,7%
[58_59[: zone 9	373	-0,139***	-0,179	-0,099	-13,0%
[59_60[: zone 10	266	-0,163***	-0,206	-0,119	-15,0%
[60_61[: zone 11	454	-0,170***	-0,216	-0,123	-15,6%
[61_62[: zone 12	351	-0,166***	-0,217	-0,115	-15,3%
[62_63[: zone 13	169	-0,190***	-0,248	-0,132	-17,3%
>ou=63	89	-0,243***	-0,313	-0,173	-21,6%

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 57: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M3

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
[50-51[: zone 1	1634	-0,018***	-0,034	-0,001	-1,8%
[51_52[: zone 2	1730	-0,063**	-0,083	-0,044	-6,1%
[52_53[: zone 3	2018	-0,052***	-0,073	-0,031	-5,0%
[53_54[: zone 4	2102	-0,079***	-0,102	-0,056	-7,6%
[54_55[: zone 5	2151	-0,086***	-0,111	-0,061	-8,2%
[55_56[: zone 6	1988	-0,096***	-0,122	-0,069	-9,1%
[56-57[: zone 7	1157	-0,092***	-0,121	-0,064	-8,8%
[57_58[: zone 8	782	-0,156***	-0,188	-0,123	-14,4%
[58_59[: zone 9	751	-0,188***	-0,222	-0,153	-17,1%
[59_60[: zone 10	275	-0,157***	-0,201	-0,114	-14,6%
[60_61[: zone 11	155	-0,159***	-0,217	-0,101	-14,7%
[61_62[: zone 12	185	-0,150***	-0,220	-0,081	-14,0%
[62_63[: zone 13	114	-0,153***	-0,236	-0,070	-14,2%
>ou=63	175	-0,114***	-0,205	-0,024	-10,8%

NOTE : *** et ** indique que le coefficient est statistiquement significatif, respectivement, aux seuils de 1% et de 5%

Tableau 58: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M3

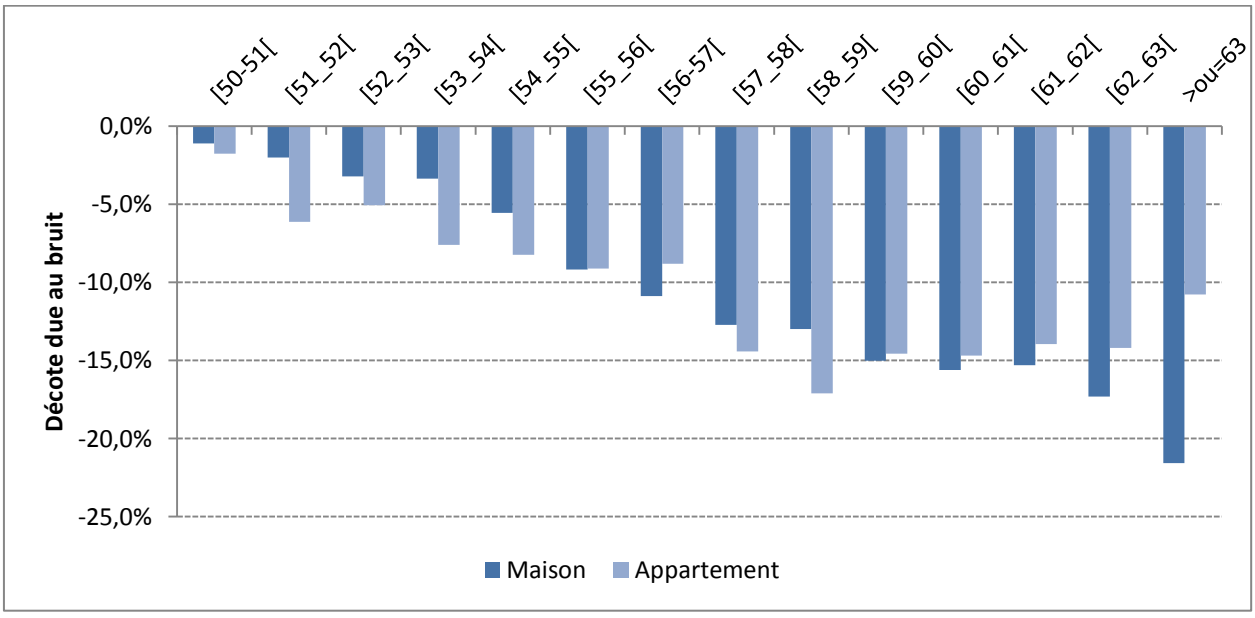


Figure 56: Décote due au bruit sur les prix des logements autour de Paris-CDG : Modèle M3

On observe les mêmes tendances que dans les modèles M2. Mais les décotes observées dans les modèles M3 sont plus élevés que celles obtenues avec le modèle M2, pour les niveaux de bruit élevés. Par exemple, pour les maisons, la décote atteint plus de 21% dans la zone la plus exposée (>ou=63 dB(A)).

Il se confirme que, pour les maisons, la décote est croissante avec le niveau de bruit. Pour les appartements, elle croît jusqu'à 58/59 dB(A), puis diminue. Pour ce dernier, la décote la plus élevée est toujours observée dans la zone [58-59[dB(A). Toutefois, la zone de bruit peut capter des effets induits par d'autres déterminants des prix, absents du modèle mais liés aux trafics aériens. Par exemple, à même niveau de bruit, il existe des zones plus ou moins survolées et notamment à basse altitude. Ainsi, plus de 60% des appartements situés dans la zone [58-59[dB(A) sont survolés à moins de 2000 mètres d'altitude (au départ), contre seulement 20% des maisons. Cela représente, pour les appartements, environ 25% de ceux survolés à moins de 2000 mètres et, pour les maisons, seulement 4% de celles survolées à moins de 2000 mètres. Ce résultat est donc soutenu par Albee et al. (2006 ; cité dans Nelson 2008). Ces auteurs ont observé que les individus sensibles au bruit signalent souvent que l'augmentation du nombre d'évènements sonores est plus gênante, même si le niveau sonore par évènement a baissé. Nous n'avons pas pu intégrer la variable altitude des survols dans le modèle à cause des problèmes de multi-colinéarité avec la variable bruit. Les résultats sont donc à interpréter avec prudence. Par ailleurs, nous n'avons pas pu accéder aux variables nombre de survol.

A partir des impacts effectifs, nous pouvons calculer le NDI. Pour cela, il suffit de diviser ces pourcentages par la différence de nuisance sonore pour chacune des zones par rapport à la zone de référence. Il ressort ainsi que le NDI varie de 0,8 à 1,6% (moyenne non pondérée = 1,3%) pour les maisons et de 0,8 à 3% pour les appartements (moyenne non pondérée= 1,6%). Notons que des modèles où la variable bruit des avions est intégrée sous forme de variable continue ont également été testés. Nous avons ainsi obtenus un NDI de 1,6% par décibel pour les maisons et 1,5% pour les appartements.

Modèle M4 : utilisation du PEB comme mesure des nuisances sonores

Le modèle M4 utilise le Plan d'Exposition au Bruit comme alternative à la mesure du niveau de bruit. En fait, comme les études sur Lyon et Toulouse sont basées sur le PEB (car nous ne disposons pas de CES pour ces aéroports), ces modèles permettront de comparer les résultats entre les différents terrains étudiés même si, comme on l'a vu, les valeurs limites des différents contours sont différentes entre Paris- CDG et ces deux aéroports)[55].

Les résultats sont présentés dans les tableaux 59 et 60. Pour chaque type de bien, nous obtenons des valeurs proches de celles obtenues avec le modèle M1. Pour un logement situé dans le PEB :

- le fait d'être situé dans la zone D se répercute par une diminution du prix d'une maison de 1,3 % et celui d'un appartement de 2,7%.
- Le fait d'être situé dans la zone C se répercute par une diminution du prix de 7,5% pour les maisons et 6,1% pour celui d'un appartement.
- Enfin, le fait d'être situé dans la zone D du PEB se répercute par une diminution du prix des maisons de 23, 2 %. Pour cette zone, l'impact est non significatif pour les appartements en raison du nombre faible d'observations (seulement 5 observations).

Zone de bruit LDEN dB(A)	**N**	**Coeff.**	**IC. 95%**		**Impact effectif (en %)**
			Borne Inf.	**Borne Sup.**	
Zone D	9022	-0,014***	-0,004	-0,031	-1,3%
Zone C	3342	-0,078***	-0,105	-0,051	-7,5%
Zone B	33	-0,264***	-0,349	-0,179	-23,2%

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 59: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M4

[55] Les valeurs limites des contours des zones C et B sont, respectivement, de 56 et 62 dB(A) LDEN pour l'aéroport de Paris-CDG alors qu'elles sont, respectivement, de 55 et 65 dB(A) LDEN pour les aéroports de Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac.

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
Zone D	13680	-0,027***	-0,047	-0,008	-2,7%
Zone C	3786	-0,063***	-0,087	-0,039	-6,1%
Zone B	5	NS			

NOTE : *** indique que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 60: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M4

Modèle M5: modèle identique à M1 mais avec termes d'interactions bruit /année

Enfin, un autre aspect important mais rarement étudié dans les travaux existants est l'étude de l'évolution dans le temps de l'impact du bruit des avions. L'analyse peut, par exemple, distinguer deux périodes postérieures et antérieures à l'annonce de l'expansion de l'activité aéroportuaire (Jude et Winkler, 2007), ou distinguer des sous-périodes selon des critères statistiques à savoir la taille de l'échantillon (Faburel et Maleyre, 2007).

Notre cas d'étude ne permet pas de distinguer des sous-périodes particulières qui justifieraient, comme dans l'exemple de Jud et Winkler, des changements de comportement des agents dans les transactions immobilières. Simplement, il est possible de supposer une modification des comportements - alimentée notamment par : a) la publicité de l'enquête sur le renouvellement du PEB, ou b) l'augmentation de gêne due au bruit au fil des ans (Faburel et Maleyre, 2007 ; Babisch et al. (2009) - qui pourrait éventuellement impliquer une modification des effets dépréciateurs sur les valeurs immobilières.

Pour analyser l'évolution temporelle de l'impact du bruit, deux possibilités existent : 1) une analyse «année par année» ou 2) le recours à des «variables croisées» (Zuindeau, 2009). Dans cette étude, nous avons privilégié les «variables croisées» et non l'étude de six équations (une par année), du fait d'une moindre robustesse des résultats liée à l'approche « année par année », elle-même liée à une diminution du nombre d'observation par échantillon. C'est également la démarche adoptée par B. Zuindeau (2009), Salvi (2008), sauf que ce dernier l'a appliquée sur des variables bruit continues.

Toujours afin d'éviter les problèmes de petits effectifs, nous avons menée cette analyse avec le modèle M1. On considère alors une variable Wi d'interaction entre les variables bruit et année. Ce facteur a 18 modalités {$B_{[50-56[}$, $B_{[56-63[}$, $B_{[>ou=63[}$ }x {$Année_{2002}$, $Année_{2003}$, $Année_{2004}$, $Année_{2005}$, $Année_{2006}$, $Année_{2008}$}. Autrement dit, les variables suivantes sont simultanément intégrées dans le modèle : les variables indiquant les zones de bruit, les variables binaires pour chaque année (sauf l'année 2008 qui sert de référence), et les variables d'interaction égales au produit de l'année considérée par la zone de bruit.

Les coefficients relatifs aux termes d'interactions estimés, pour chaque type de bien, sont reportés dans les tableaux 61 et 62 ainsi que les figures 57 et 58.

Pour les maisons et les appartements, les variables zones de bruit ne sont pas significativement différentes de zéro à cause de la multicolinéarité avec les variables croisées. Pour les deux premières zones, les variables croisées, représentatives de l'impact du bruit des avions sur les différentes années sont toutes significatives au seuil de 5 %. Pour la zone la plus exposée, elles ne sont pas significatives, à cause du faible nombre d'échantillon.

Zone de bruit LDEN dB(A)	**N**	**Coeff.**	**IC. 95%**		**Impact effectif (en %)**
			Borne Inf.	**Borne Sup.**	
B[50_56[_2002	1458	-0,023***	-0,044	-0,002	-2%
B[50_56[_2003	1438	-0,017***	-0,039	-0,004	-2%
B[50_56[_2004	1219	-0,019***	-0,041	-0,004	-2%
B[50_56[_2005	1282	-0,010**	-0,032	-0,012	-1%
B[50_56[_2006	1465	-0,024***	-0,045	-0,003	-2%
B[50_56[_2008	1177	-0,013**	-0,036	-0,010	-1%
B[56_63[_2002	385	-0,096***	-0,127	-0,064	-9%
B[56_63[_2003	373	-0,076***	-0,108	-0,044	-7%
B[56_63[_2004	384	-0,083***	-0,115	-0,050	-8%
B[56_63[_2005	359	-0,069***	-0,101	-0,036	-7%
B[56_63[_2006	393	-0,071***	-0,103	-0,039	-7%
B[56_63[_2008	377	-0,047***	-0,080	-0,014	-5%

NOTE : *** et ** indique que le coefficient est statistiquement significatif, respectivement, aux seuils de 1% et 5%

Tableau 61: Coefficient de l'effet croisé bruit/année pour les maisons : Modèle M5

Zone de bruit LDEN dB(A)	N	Coeff.	IC. 95%		Impact effectif (en %)
			Borne Inf.	Borne Sup.	
B[50_56[_2002	2234	-0,031***	-0,053	-0,009	-3,1%
B[50_56[_2003	2456	-0,032***	-0,053	-0,011	-3,1%
B[50_56[_2004	2075	-0,029***	-0,049	-0,009	-2,9%
B[50_56[_2005	2129	-0,044***	-0,064	-0,024	-4,3%
B[50_56[_2006	2050	-0,043***	-0,064	-0,022	-4,2%
B[50_56[_2008	1836	-0,049***	-0,074	-0,025	-4,8%
B[56_63[_2002	391	-0,084***	-0,117	-0,051	-8,0%
B[56_63[_2003	428	-0,069***	-0,099	-0,039	-6,7%
B[56_63[_2004	399	-0,116**	-0,146	-0,087	-11,0%
B[56_63[_2005	382	-0,097***	-0,126	-0,068	-9,2%
B[56_63[_2006	402	-0,058***	-0,087	-0,028	-5,6%
B[56_63[_2008		-0,040***	-0,070	-0,010	-3,9%

NOTE : *** et ** indique que le coefficient est statistiquement significatif, respectivement, aux seuils de 1% et 5%

Tableau 62: Coefficient de l'effet croisé bruit/année pour les appartements : Modèle M5

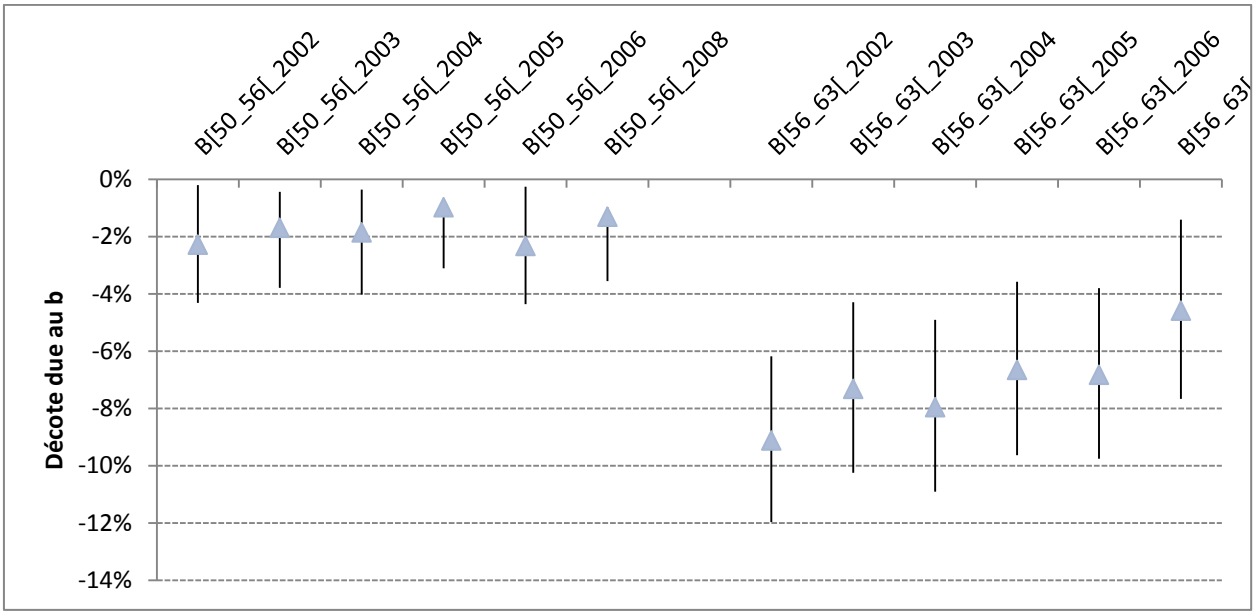


Figure 57: Interactions bruit*année (M5 (valeur du coefficient et son intervalle de confiance à 95%) : cas des maisons : modèle M5

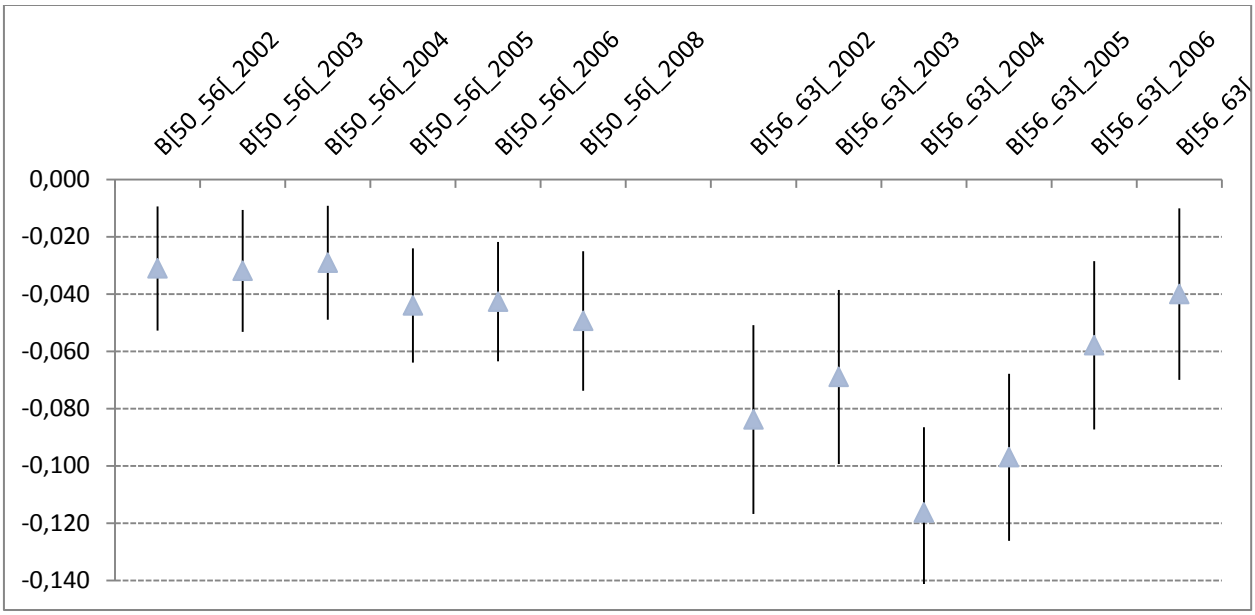


Figure 58: Interactions bruit*année (valeur du coefficient et son intervalle de confiance à 95%) : cas des appartements : modèle M5

Une inspection visuelle des résultats montre que, dans la zone [50-56[dB(A), l'impact du bruit a tendance à se stabiliser entre 2002 et 2008, aussi bien pour les maisons que pour les appartements. Dans la zone [56-63[dB(A), cependant, il a tendance à diminuer pour les maisons, pour la même période. Pour les appartements, il n'a pas de tendance bien déterminée : il diminue entre 2002 et 2003, il augmente ensuite entre 2003 et 2004 avant de diminuer de nouveau à partir de 2004. Notons cependant, qu'en regardant les intervalles de confiance, beaucoup de valeurs sont partagées.

4.5.6. Conclusion et directives d'application

L'objectif de ce chapitre était de contribuer à l'évaluation de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières autour de l'aéroport de Paris-CDG. En même temps, il visait à montrer que la MPH permet d'effectuer cette évaluation.

Cette méthode repose sur l'hypothèse que l'ampleur de la nuisance sonore est reflétée, toutes choses égales par ailleurs, dans les prix des habitations tels qu'il est observé sur le marché

immobilier. L'intérêt de cette approche est qu'elle est basée sur l'observation d'un marché réel. Elle diffère donc fondamentalement des méthodes basées sur les préférences déclarées, lesquelles sont basées sur des marchés hypothétiques.

Tout d'abord, en termes synthétiques, la MPH a permis de mettre en évidence que le bruit des avions influence négativement la valeur des logements, lorsque ceux-ci sont exposés à un niveau de bruit supérieur à 50 dB(A). S'agissant de la comparaison avec les études étrangères, le rapprochement le plus aisé est obtenu avec les NDI. Les NDI obtenus sont tout à fait convergents avec ceux obtenus par les études antérieures car ils se situent bien dans la fourchette des valeurs indiquées par la méta-analyse de Shipper et al. (1998) (entre -0,10 et -3,57%) sur les aéroports américains, canadiens et australiens. Néanmoins, les résultats obtenus devront être interprétés avec précaution et discernement en gardant à l'esprit qu'un résultat chiffré doit être nuancé, notamment en fonction de la forme fonctionnelle, du traitement statistique et du choix de la valeur seuil de bruit utilisé dans l'analyse.

Ensuite, d'un point de vue méthodologique, il est difficile de fixer l'ensemble des conditions de succès des applications. Toutefois, les caractéristiques suivantes sont celles que doit posséder une étude adéquate :

- une série de données importante, de plusieurs centaines d'observations au moins ;
- la vérification de plusieurs variables représentant chaque catégorie pertinente de caractéristiques (par exemple le logement, le voisinage, l'accessibilité et l'environnement) ;
- l'usage de variables « bruit des avions » plus finement mesurée (l'usage de variables binaires par zone de bruit de 5 dB(A) ou plus d'intervalles peut conduire à une sous-estimation des effets du bruit, en particulier pour les niveaux élevés) ;
- des tests d'autres indicateurs de bruit, tels que le nombre de mouvements d'avions ;
- des tests de différentes formes fonctionnelles ;
- des variables comprises dans la fonction de prix hédoniques, en vue de représenter chaque caractéristique pertinente ;

- il convient de prendre en compte les comportements de prévention : par exemple ; on peut recourir au double vitrage pour réduire l'incidence du bruit ;
- la segmentation du marché selon le type de bien (maison/ appartement) est importante;
- l'usage du SIG dans la collecte et l'assemblage des données ;
- En ce qui concerne la prise en compte de l'autocorrélation spatiale : dans le cas précis de notre zone d'étude, nous avons mis en évidence certaines difficultés et complexités économétriques. En effet, nous avons constaté que la prise en compte de l'autocorrélation spatiale est complexe et difficilement réalisable avec les logiciels économétriques standards. Pour y parvenir, il a fallu utiliser un logiciel d'analyse spatial. Dans cette étude, nous avons utilisé la version d'essai du logiciel Space-stat. Toutefois, celui-ci n'a pas totalement résolu le problème, étant donné la grande taille de notre échantillon (insuffisance de mémoire). Néanmoins, en utilisant les enseignements des recherches scientifiques antérieures, on parvient à résoudre le problème.
- Comparaisons des résultats obtenus avec les prix et les loyers ;
- l'identification de la courbe de demande ($2^{ème}$ étape de la MPH)

Enfin, la mise en œuvre de la MPH demeure une démarche comparativement exigeante par rapport aux autres méthodes d'évaluation économique, telle que la MEC, parce qu'elle requiert notamment un investissement substantiel dans la maîtrise des outils économétriques et statistiques. Néanmoins, ces restrictions ne constituent pas une entrave à l'utilisation de cette méthode.

4.6. Généralisation de la méthode à Toulouse Blagnac et Lyon Saint – Exupéry

4.6.1. Démarche

La méthode des prix hédoniques, développée dans le cas de Paris-CDG ci-dessus a été généralisée aux cas des aéroports de Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Les données sur les transactions immobilières ont également été obtenues auprès de la chambre des notaires : la base PERVAL. C'est en effet la société PERVAL (dont le capital est détenu à 100% par le Notaire), qui

collecte les informations sur les biens immobiliers pour toute la province (hors Ile-de-France) recueillies lors des ventes et transmises par les notaires.

Mais la principale difficulté a concerné l'acquisition des ces données. Elles ne sont pas disponibles gratuitement pour cette étude, comme c'était le cas de la base BIEN pour Paris-CDG. Elles devaient être acquises à titre onéreux auprès de la société PERVAL.

Cette difficulté, d'une grande ampleur à cause du coût estimé très élevé d'acquisition des données (évalué initialement à plusieurs dizaines de milliers d'euros), a notamment engendré un grand retard dans la finalisation du travail.

Afin de remédier à ce problème, les négociations ont abouti à la mise en place d'un partenariat entre le laboratoire MRTE de l'Université de Cergy-Pontoise et la société PERVAL : nous avons fourni la méthodologie, la société PERVAL a effectué les calculs. Les mêmes calculs que précédemment ont alors été mises en œuvre grâce à la collaboration des statisticiens de la société PERVAL.

L'avantage de cette alternative est qu'elle a permis de réduire considérablement les coûts de la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques (à un peu plus de 7500 euros). Par contre, l'inconvénient est que, n'ayant pas d'accès direct aux données brutes, leurs possibilités d'exploitations ont été limitées.

Pour mener à bien l'étude, j'ai été invité pendant quelques jours à la société PERVAL pour travailler avec les statisticiens.

4.6.2. Présentation de la base de données

Comme la base BIEN, le champ d'observation de la base PERVAL recouvre les appartements neufs et anciens, les maisons anciennes ainsi que les terrains à bâtir ce qui représente plus de 85% des ventes de biens immobiliers (PERVAL).

Comme à Paris-CDG, nous ne retenons pour notre étude que les maisons et appartements anciens. Les mêmes critères de sélection des variables qu'à Paris-CDG, basée notamment sur la méthodologie utilisée pour le calcul des indices Notaires-Insee, ont été appliqués.

Les variables expliquées correspondent au prix de transaction par m² pour les appartements et au prix de vente pour les maisons. Les variables explicatives reprises (caractéristiques des logements) sont pour la plupart identiques à celles utilisées dans le cas de Paris-CDG, à l'exception de la présence de cave ou de sous-sol et de l'état du logement (bon, mauvais, vétuste). En ce qui concerne les variables de localisation, les variables binaires indicatrices IRIS n'ont pas pu être intégrées. Elles ont été remplacées par des variables binaires indiquant la commune où est localisé le logement. Comme les aéroports de Toulouse-Blagnac et Lyon-Saint-Exupéry ne disposent par de CES, les variables bruit des avions proviennent des PEB en vigueur.

Pour les mêmes raisons qu'à Paris – CDG, les zones d'études couvrent le rayon de 25 km autour de l'aéroport pour Lyon –Saint-Exupéry et 20 km autour de l'aéroport pour Toulouse-Blagnac. Seuls les principaux résultats seront présentés dans les sections suivantes puisque la méthodologie utilisée est identique à celle utilisée dans le cas de Paris-CDG.

4.6.3. Cas de Toulouse Blagnac

4.6.3.1. RESULTATS DESCRIPTIFS

L'étude a porté sur les transactions réalisées entre 2007 et 2011, contenant 7 293 observations de maisons et 16 408 observations d'appartements. Regardons rapidement quelques descriptives des variables rentant dans le modèle. L'annexe 9 présente les localisations géographiques des transactions de maisons et d'appartements étudiés.

Pour un prix moyen de 291 119 €, une maison acquise en décembre 2011 dispose d'une surface habitable de 100 m² avec deux niveaux et 4 pièces, d'un terrain de 610 m², d'un garage, d'une salle de bain. Par contre, elle ne possède pas de sous-sol et a été construite pendant l'époque (1947 – 1969). Cette maison se situe dans une zone plutôt calme par rapport au bruit des avions et dans une commune où le prix moyen de l'ensemble des logements se situe dans la médiane.

Un appartement moyen coûte quant à lui 2531 euros par mètre carré, il a été acquis en décembre 2011, est en bon état, ne possède pas de garage ni de cave, il est situé au rez-de chaussée et il appartient à un immeuble construit entre 1947 – 1969. De même, il se situe dans une zone plutôt calme par rapport au bruit des avions et dans une commune où le prix moyen de l'ensemble des logements se situe dans la médiane.

4.6.3.2. RESULTATS DE L'ANALYSE DE REGRESSION

Dans le cas de Toulouse-Blagnac a été utilisée la même méthode d'estimation que dans celui de Parsi- CDG afin d'estimer la fonction de prix hédoniques des acquéreurs de logements. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant (tableau 63).

Comme pour la fonction de prix hédoniques autour de Roissy-CDG, cette fonction repose sur une spécification log-log de la relation entre le prix des maisons et des appartements et leurs différentes caractéristiques. De même, la variable explicative est le prix de vente (logarithme naturel) pour les maisons mais il s'agit du prix au mètre carré (logarithme naturel) pour les appartements. La méthode a été effectuée selon les mêmes critères de sélection des variables explicatives appliquées sur Roissy-CDG. En regardant les conventions statistiques usuelles, les résultats de la régression se révèlent bons. Les différentes variables indépendantes retenues dans le modèle expliquent 79 % (R^2 ajusté) de la variabilité des prix des maisons. Il en est de même pour les appartements bien que sa force explicative soit quelque peu inférieure (R^2 ajusté = 74%). Cela nous permet d'avancer que les groupes de variables indépendantes influencent significativement la variable dépendante.

De même, le sens de la relation des caractéristiques correspondent aux signes attendus, et ceci pour les deux modèles. Les coefficients des caractéristiques des deux modèles sont également tous significatifs. Les résultats du test de Moran sur les résidus de la MCO avec différentes matrices de poids (distance d=100m, d=500m, quatre plus proches voisins) montrent que les statistiques I de Moran sont significatives. Néanmoins, en intégrant les coordonnées géographiques, elles tendent vers zéro (les valeurs obtenues avec la matrice de distance d=500m sont les suivantes : I = 0, 004 (Pi<1% pour les maisons et I = 0, 006 (P <1% pour les appartements).

MAISON

Variables	Value esteem des paramètres	Impact en %
Intercept	12,181**	12,181
ANNEE 2007	-0,021**	-2,0%
ANNEE 2008	-0,046**	-4,5%
ANNEE 2009	-0,118**	-11,1%
ANNEE 2010	-0,051**	-4,9%
JANVIER	-0,022**	-2,2%
FEVRIER	-0,028**	-2,8%
MARS	-0,024**	-2,4%
AVRIL	-0,024**	-2,4%
MAI	-0,025**	-2,5%
JUILLET	0,015**	1,5%
EPOQUE [1948-1970[	-0,041**	-4,0%
EPOQUE [1970-1981[	-0,043**	-4,2%
EPOQUE [1991-2001[	0,019**	1,9%
SLDB (2)	0,058**	6,0%
GARAGE (2)	0,019**	1,9%
ETAT (MAUVAIS)	-0,109**	-10,4%
ETAT (VIEUX)	-0,156**	-14,4%
ETAT (BON)	0,014**	1,4%
NIVEAU (>=3)	0,063**	6,5%
SOUS-SOL (SANS)	0,042**	4,3%
PIECE (1)	-0,046**	-4,5%
PIECE (4)	0,020**	2,1%
SURFACE	0,513**	0,5%
TERRAIN	0,138**	0,1%
ZONE B	-0,247**	-21,9%
ZONE C	-0,112**	-10,6%
ZONE D	-0,052**	-5,1%

APPARTEMENT

Variables	Valeur estimée des paramètres	Impact en %
Intercept	4,871**	4,87
ANNEE 2008	-0,033**	-3,3%
ANNEE 2009	-0,109**	-10,3%
ANNEE 2010	-0,053**	-5,2%
JANVIER	-0,014**	-1,4%
FEVRIER	-0,017**	-1,7%
MARS	-0,019**	-1,9%
AVRIL	-0,026**	-2,6%
MAI	-0,020**	-2,0%
OCTOBRE	-0,010*	-1,0%
EPOQUE (<1850)	0,138**	14,8%
EPOQUE [1850-1914[	0,129**	13,8%
EPOQUE [1914-1947[	0,114**	12,1%
EPOQUE [1970-1981[	0,011*	1,1%
EPOQUE [1981-1992[	0,080**	8,3%
EPOQUE [1992-2000[	0,090**	9,4%
SLDB (SANS)	0,021*	2,1%
SALDB (>ou=2)	0,090**	9,4%
GARAGE (1)	0,076**	7,9%
GARAGE (2)	0,131**	14,0%
ETAT (VIEUX)	-0,085**	-8,2%
ETAT (VETUSTE)	-0,159**	-14,7%
ETAGE_A	-0,028**	-2,8%
ETAGE_S	-0,048**	-4,7%
CAVE	-0,047**	-4,6%
TERRASSE/BALCON	0,033**	3,3%
PIECE (1)	0,119**	12,6%
PIECE (2)	0,058**	6,0%
PIECE (3)	-0,052**	-5,1%
PIECE (5)	-0,064**	-6,2%
ZONE B	-0,087**	-8,4%
ZONE C	-0,080**	-7,7%

NOTE : Coefficient significatif au seuil d 1% (**), au seuil de 5% (*)

Tableau 63: Coefficients des modèles de prix hédoniques : cas de Toulouse-Blagnac. *Source* : PERVAL, résultats des régressions

4.6.3.3. INTERPRETATION DES COEFFICIENTS DE LA REGRESSION

L'interprétation des résultats de la régression pour Toulouse se fait de façon identique à celle des résultats sur Roissy-CDG qui ont précédemment été analysées.

Les effets des variables structurelles sont également conformes aux résultats dans les littératures économiques. On retrouve également les mêmes caractéristiques significatives qu'à Paris-CDG, à savoir : les années et mois de la transaction, le niveau pour les maisons et le numéro de l'étage pour les appartements, le nombre de garage, de salle de bain, l'époque de construction, l'état du bien, etc. Notons que pour les appartements, on retrouve également le signe négatif du nombre de pièces pour les appartements supérieurs à trois pièces (référence).

Parmi les variables de localisation, certaines localisations (communes) expliquent également la variabilité des prix des maisons.

Concernant l'impact du bruit des avions. Par rapport à un logement situé dans une zone plutôt calme (absence de bruit d'avions ou bruit d'avion < 50 dB (A) LDEN), le fait d'être situé dans la zone D du PEB se répercute par une diminution du prix d'une maison de 2,52 %. En revanche, le coefficient n'est pas statistiquement significatif pour celui des appartements. Le fait d'être situé dans la zone C du PEB se répercute par une diminution du prix des maisons de 7,15% et de celui d'un appartement de 7,71 %. Enfin, le fait d'être située dans la zone D du PEB se répercute par une diminution du prix des maisons de 22 % (cela concerne 20 maisons).

4.6.4. Cas de Lyon Saint – Exupéry

4.6.4.1. RESULTATS DESCRIPTIFS

L'annexe 9 présente les localisations géographiques des transactions de maisons et d'appartements étudiés

Pour un prix moyen de 293 574 €, une maison acquise en décembre 2011 dispose d'une surface habitable de 100 m² avec deux niveaux et 4 pièces, d'un terrain de 610 m², d'un garage, d'une salle de bain. Elle ne possède pas de sous-sol et elle a été construite entre 1947 – 1969. Cette

maison se situe dans une zone plutôt calme (bruit des avions <50 dB(A) LDEN) par rapport au bruit des avions et dans une commune où le prix moyen de l'ensemble des logements se situe dans la médiane.

Un appartement moyen coûte quant à lui 2832 euros par mètre carré, il a été acquis en décembre 2011, est en bon état, ne possède pas de garage ni de cave, il est situé au rez-de chaussée et il appartient à un immeuble construit entre 1947 – 1969. De même, il se situe dans une zone plutôt calme (bruit des avions <50 dB(A)) par rapport au bruit des avions et dans une commune où le prix moyen de l'ensemble des logements se situe dans la médiane.

4.6.4.2. RESULTATS DE L'ANALYSE DE REGRESSION

Comme à Toulouse, a été utilisée la méthode de MC afin d'estimer la fonction hédoniste des acquéreurs de logements à Lyon. Comme pour la fonction de prix hédoniste autour des deux aéroports précédents, cette fonction repose sur une spécification double logarithmique de la relation entre le prix des maisons et des appartements et leurs différentes caractéristiques. Le tableau ci-dessous (tableau 64) se présente de la même manière que le tableau précédent. La méthode a été effectuée selon les mêmes critères de sélection des variables explicatives appliquées pour les deux aéroports de Paris-CDG et Toulouse-Blagnac. En regardant les conventions statistiques usuelles, les résultats de la régression se révèlent bons. L'ensemble des variables indépendantes retenues dans le modèle expliquent 80 % (R^2 ajusté) de la variabilité des prix des maisons. Il en est de même pour les appartements bien que sa force explicative soit quelque peu inférieure (R^2 = 70%). Cela nous permet d'avancer que les groupes de variables indépendantes influencent significativement la variable dépendante.

De même, le sens de la relation des caractéristiques correspondent aux signes attendus, et ceci pour les deux modèles. Les coefficients des caractéristiques des deux modèles sont également tous significatifs, permettant de rejeter l'hypothèse nulle à 99% et au pire à 95%.

Les résultats du test de Moran sur les résidus de la MCO avec différentes matrices de poids (distance d=100m, d=500m, quatre plus proches voisins) montrent également que les statistiques I

de Moran sont significatives. Néanmoins, en intégrant les coordonnées géographiques, elles tendent vers zéro (avec la matrice de distance d=500m, I = 0,002 (pi<0,001) pour les maisons et I = 0,06 (pi<0,001) pour les appartements).

MAISON

Variable	Valeur estimée des paramètres	Impact en %
Intercept	11,723**	11,723
ANNEE 2005	-0,158**	-14,6%
ANNEE 2006	-0,053**	-5,1%
ANNEE 2009	-0,111**	-10,5%
ANNEE 2010	-0,043**	-4,2%
JANVIER	-0,046**	-4,5%
FEVRIER	-0,057**	-5,5%
MARS	-0,052**	-5,0%
AVRIL	-0,036**	-3,5%
MAI	-0,033**	-3,2%
JUIN	-0,017**	-1,7%
OCTOBRE	-0,014**	-1,4%
NOVEMBRE	-0,013**	-1,3%
NIVEAU (1)	-0,008**	-0,8%
SLDB (2)	0,046**	4,7%
GARAGE (SANS)	-0,013*	-1,3%
GARAGE (2)	0,036**	3,6%
EPOQUE [1914-1948[	-0,016**	-1,5%
EPOQUE [1948-1970[	-0,021**	-2,1%
EPOQUE [1981-2001[	0,061**	6,3%
SURFACE	0,408**	0,4%
TERRAIN	0,160**	0,2%
PIECE (1)	-0,072**	-7,0%
ETAT (MAUVAIS)	-0,089**	-8,6%
ETAT (VETUSTE)	-0,221**	-19,8%
ETAT (BON)	0,014**	1,4%
SANS SOUS-SOL	0,025**	2,6%

APPARTEMENT

Variable	Valeur estimée des paramètres	Impact en %
Intercept	2,983**	2,98
ANNEE 2005	-0,220**	-19,8%
ANNEE 2006	-0,092**	-8,8%
ANNEE 2007	-0,037**	-3,6%
ANNEE 2008	-0,046**	-4,5%
ANNEE 2009	-0,125**	-11,7%
ANNEE 2010	-0,061**	-5,9%
JANVIER	-0,044**	-4,3%
FEVRIER	-0,037**	-3,6%
MARS	-0,052**	-5,1%
AVRIL	-0,031**	-3,1%
MAI	-0,029**	-2,9%
JUIN	-0,017**	-1,6%
AOÛT	0,014**	1,4%
EPOQUE (<1850)	0,054**	5,5%
EPOQUE [1850-1914[	0,015*	1,5%
EPOQUE [1970-1981[	0,012**	1,2%
EPOQUE [1981-1992[	0,051**	5,3%
EPOQUE [1992-2001[	0,140**	15,1%
SLDB (SANS)	-0,030**	-2,9%
SLDB (2)	0,037**	3,8%
GARAGE (1)	0,069**	7,1%
GARAGE (2)	0,132**	14,1%
ETAT (MAUVAIS)	-0,082**	-7,9%
ETAT (VETUSTE)	-0,163**	-15,1%
ETAGE (2)	0,011**	1,1%
CAVE	-0,010**	-0,9%
TERRASSE/BALCON	0,040**	4,1%
PIECE (1)	0,134**	14,4%
PIECE (2)	0,071**	7,3%
PIECE (4)	-0,068**	-6,6%
PIECE (5)	-0,117**	-11,0%

Coefficient significatif à 1% (**), à 5% (*)

Tableau 64: Coefficients des modèles de prix hédoniques : cas de Lyon-Saint-Exupéry. *Source* : PERVAL, résultats des régressions

4.6.4.3. INTERPRETATION DES COEFFICIENTS DE LA REGRESSION

L'interprétation des résultats de la régression pour Lyon fournit des résultats identiques à ceux décrits ci-dessus.

Comme à Roissy et à Toulouse, nous pouvons également trouver les mêmes caractéristiques structurelles significatives. On retrouve aussi les mêmes caractéristiques significatives qu'à Paris- CDG et Toulouse. Parmi les variables de localisation, certaines localisations expliquent également la variabilité des prix des logements.

En revanche, contrairement à ceux observés à Paris-CDG et à Toulouse-Blagnac, autour de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry, les études à partir de nos bases de données n'ont pas mis en évidence un effet significatif sur les prix des différentes zones de bruit du PEB que ce soit pour les maisons comme pour les appartements. Même si nous avons réduit la zone de référence à une zone tampon de 5km ou de 2,5km autour du PEB, les résultats ont abouti à la même conclusion.

4.7. Discussions, conclusion et nouvelles pistes à creuser

Ce chapitre était destiné à analyser les impacts du bruit des avions sur les valeurs immobilières, à l'aide de la méthode des prix hédoniques. Plus précisément, l'étude s'est intéressée à l'estimation de la décote immobilière due au bruit des avions. Trois terrains ont été étudiés : Paris-CDG, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac.

Confrontation des résultats

Jusqu'ici, nous avons traité séparément les résultats de l'analyse économétrique, selon la fonction hédoniques considérée. Il s'agit maintenant de comparer ces résultats de manière simultanée. Pour ce faire, nous nous proposons de comparer la valeur des coefficients de la variable bruit des avions, en comparant l'intervalle de confiance à 95% dans lequel se situent les coefficients. Les résultats doivent cependant être interprétés avec précaution car, comme vu précédemment, les valeurs limites des contours des zones de bruit ainsi que les périodes couvertes par l'étude ne sont pas identiques.

Les valeurs des coefficients ainsi que leurs intervalles de confiance sont présentées dans les tableaux ci-dessous (tableaux n° 65 et 66), pour les maisons et pour les appartements.

Zone de bruit	Paris CDG			Toulouse- Blagnac			Lyon St-Exupéry
	Coefficient	IC à 95%		Coefficient	IC à 95%		Coefficient
		Min	Max		Min	Max	
ZONED	-0,014***	-0,031	-0,004	-0,026***	-0,047	-0,004	Ns*
ZONEC	-0,078***	-0,105	-0,051	-0,074***	-0,098	-0,050	Ns*
ZONEB	-0,264***	-0,349	-0,179	-0,248***	-0,312	-0,184	Ns*

NOTE : Ns = non significatif, *** : coefficient statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 65: Comparaison des coefficients et intervalle de confiance des variables bruit des avions entre les différents aéroports étudiés. Cas des maisons

Zone de bruit	Paris CDG			Toulouse- Blagnac			Lyon St-Exupéry
	Coefficient	IC à 95%		Coefficient	IC à 95%		Coefficient
		Min	Max		Min	Max	
ZONED	-0,027***	-0,047	-0,008	Ns*	Ns*	Ns*	Ns*
ZONEC	-0,063***	-0,087	-0,039	-0,080***	-0,094	-0,066	Ns*
ZONEB	PO	PO	PO	-0,087***	-0,135	-0,040	Ns*

PO = Pas d'observation ; Ns = non significatif, *** : coefficient statistiquement significatif au seuil de 1%.

Tableau 66: Comparaison des coefficients et intervalles de confiance des variables bruit des avions entre les différents aéroports étudiés. Cas des appartements.

Il ressort de ces tableaux que les nuisances sonores représentées par les zones de bruit sont perçues de façon relativement identique par les acquéreurs de maisons et d'appartements à Paris-CDG et à Toulouse-Blagnac.

La valeur des coefficients nous renseigne en effet sur la convergence des prix implicites des zones de bruit entre les aéroports et entre les maisons et les appartements. Concernant les maisons, nous remarquons que la valeur du coefficient de la variable reflétant les différentes zones du PEB est relativement proche dans les modèles de Paris-CDG et Toulouse Blagnac. De même, les intervalles de confiance à 95% de ces coefficients sont relativement proches.

Concernant les appartements, nous remarquons que la valeur du coefficient reflétant la zone D du PEB n'est pas statistiquement significative dans l'estimation de la fonction hédonique pour

Toulouse-Blagnac alors qu'il l'est pour Roissy-CDG (-0,027). La valeur du coefficient relatif à la zone C du PEB semble proche et leurs intervalles de confiance aussi (voir tableau 47 b).

Ainsi, les principaux résultats peuvent être résumés comme suit :

- Le bruit des avions a un effet négatif significatif sur les valeurs immobilières autour de Paris-CDG et Toulouse-Blagnac.
- Pour les niveaux de bruit élevé, l'impact du bruit est plus élevé pour les maisons par rapport aux appartements.
- Pour ces deux aéroports, il y a convergence des résultats (en termes de pourcentage de dépréciation)[56] aussi bien pour les maisons que pour les appartements.
- En termes d'évolution, la décote est stable dans la zone moins exposée au bruit (<56 dB(A)) ; elle a tendance à diminuer dans la zone plus exposée (>56 dB(A) (cas de Paris-CDG).
- A Lyon Saint-Exupéry, aucun impact statistiquement significatif du bruit des avions ne peut être détecté, ni pour les maisons, ni pour les appartements.

Il s'avère donc que les principaux résultats ne confirment que partiellement nos hypothèses de recherche. En conclusion, on serait tenté de confirmer qu'il existe une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions, mais seulement dans les zones urbanisées. Encore une fois, les zones rurales ne sont pas sensibles à ce problème.

Confrontation avec les résultats des études antérieures

Nos résultats sont soutenus par les études antérieures.

En ce qui concerne les cas de Paris-CDG et Toulouse-Blagnac, nos résultats sont tout à fait convergents avec ceux obtenus par les études antérieurs présentés dans le chapitre 2 (tableau 9). Cependant, concernant l'évolution temporelle de l'impact, les résultats sur Paris-CDG ont montré

[56] Notons cependant que le coût associé à l'exposition au bruti dépend de la valeur du logement.

une tendance stable ou même à la baisse, ce qui ne confirme pas ceux trouvés par G. Faburel et I. Maleyre (2007) sur l'aéroport de Paris-Orly (augmentation de l'impact). Il existerait alors d'autres facteurs déterminants des prix des biens immobiliers, qui pourraient être liés au à l'effet contexte local. Comme on l'a vu dans le chapitre 2, les enquêtes socioacoutiques *in situ*, concluent que les facteurs acoustiques n'expliquent qu'une partie de la gêne ressentie par la population. Par conséquent, la décote pourrait n'être que partiellement liée aux phénomènes sonores. La sensibilité au bruit, les attentes de la communauté en matière de changement futur de la qualité de l'environnement sonore, mais aussi les différences dans les politiques de maîtrise de nuisance sonores (restriction d'exploitation, etc.), l'aménagement du territoire, etc. au sein de ces différents aéroports sont autant de facteurs qui pourront intervenir. D'où l'intérêt d'un indicateur de type RTEL (développé dans le cas de Paris-CDG), qui permet non seulement de suivre l'évolution de l'impact du bruit dans le temps mais aussi de mieux différencier les communautés autour d'un même aéroport ou des aéroports différents.

Nos résultats ont aussi révélé une différence entre les impacts du bruit des avions sur les valeurs des maisons et celles des appartements, pour les niveaux de bruit élevé. Pour ce niveau de bruit, l'impact sur les valeurs immobilières est plus faible pour les appartements par rapport aux maisons. Cela peut s'expliquer par un facteur couramment cités dans les littératures : la perte de jouissance du jardin privatif à cause du bruit lorsqu'on habite une maison individuelle.

En ce qui concerne le cas de Lyon Saint-Exupéry, le résultat est également soutenu par les études étrangères. Par exemple, celle de G. Asfeld et W. Meaning (2008) sur l'analyse de la valeur des terrains exposés au bruit de l'aéroport de Tempelholt et Tegel. Dans cette étude, les auteurs ont observé que les terrains exposés au bruit de l'aéroport de Tempelhof qui est implanté dans une zone densément peuplée se vendent avec une décote de 5 à 9%. Ils n'ont cependant observé aucun impact négatif significatif sur la valeur des terrains autour de l'aéroport de Tegel, qui est situé dans une zone centrale, mais moins densément peuplée. Pourtant, cet aéroport accueille dix fois plus de passagers que l'aéroport de Tempelhof. Ceci peut s'expliquer, selon les auteurs, par le fait que le couloir aérien de l'aéroport de Tegel couvre une grande zone industrielle et desservie par des cours d'eau. On peut donc supposer que la valeur de ces terrains réagit de manière relativement

inélastique à la pollution sonore. En effet, même si les auteurs ont répété leurs estimations en ne prenant en compte que les zones exclusivement utilisées à des fins résidentielles, les coefficients obtenus conduisent aux mêmes résultats.

Une explication pour les résultats obtenus sur Lyon Saint-Exupéry pourrait donc provenir de l'occupation du sol à ses alentours : faible densité de population avec des espaces et milieux naturels de premier plan : des paysages à buttes à Pusignan, à Sant-Bonnet-de-Mure, à Vilette d'Anton ou encore ambiances bocagères à Genas, etc. Des expériences ont aussi montré que la perception sonore est plus ou moins influencée par le type d'images présentées aux sujets. Par exemple, une image d'espace naturel et silencieux associée à un niveau sonore élevé a une forte incidence sur la perception de cet environnement sonore (Ge, Hakao, 2005). Lorsque l'attention visuelle est sollicitée, l'acuité auditive diminue et inversement (c'est d'ailleurs pourquoi des aménagements visuels peuvent être paradoxalement efficaces pour traiter les questions sonores). Il a été démontré que lorsqu'une demande d'attention visuelle ou une demande d'attention sonore sont couplées, l'attention visuelle réduit la conscience perceptive des sons et vice versa (Yang, Kang, 2005). Les recherches de S. Viollon ont également montré qu'en condition de laboratoire, le paramètre visuel est la variable prédominante dans les interactions audiovisuelles. Nous postulons que cette prédominance visuelle se retrouve en contexte urbain et que le visuel influence la perception sonore in situ. G. Faburel et N. Gourlot quantifient cet impact du visuel sur la perception sonore : pour eux, «les effets visuelles réduisent l'impression négative de la qualité sonore qui équivaut parfois à une réduction de 10 dB SPL («niveau sonore» (Faburel, Gourlot, 2009).

Au terme du présent chapitre, nous pensons avoir fourni quelques éléments objectifs sur la relation entre le bruit des avions, la gêne sonore et les valeurs immobilières. En même temps, nous avons pu confirmer partiellement l'hypothèse selon laquelle il existe une situation d'inégalité environnementale face à l'exposition au bruit.

C h a p i t r e 5

VERS LA CONSTITUTION D'UN OBSERVATOIRE DESVALEURS IMMOBILIERES ET DES PROCESSUS SOCIO-DEMOGRAPHIQUES A L'OEUVRE SUR LES TERRITOIRES AEROPORTUAIRES

Introduction

La réalisation du présent projet de thèse, outre ses apports scientifiques sur l'analyse des caractéristiques socioéconomiques et des prix immobiliers et leurs combinaisons dans la constitution des inégalités face à l'exposition au bruit des avions, correspond à une attente forte, tant dans le domaine des politiques publiques (politiques de développement durable du transport aérien) que dans le domaine de la recherche, notamment sur les inégalités environnementales..

En effet, dans le cadre de cette thèse qui a été soutenue et financée par l'Association Ville et Aéroport et l'Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), il a été proposé de mettre en place un observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires sur les valeurs immobilières et les parcours résidentiels. Cette approche viendra nourrir les réflexions déjà engagées par les acteurs aéroportuaires dans le cadre des débats sur les politiques de développement durable des activités aéroportuaires.

Les résultats des analyses menées ci-dessous confortent l'intérêt de la création d'un tel observatoire. L'inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions est un fait constaté en France. Si on n'agit pas actuellement, cette situation continuera à se creuser (ou du moins rester stable). Dans une perspective de développement durable, des actions doivent être mises en œuvre pour inverser ou éviter la tendance. L'observatoire des « *impacts territoriaux des plateformes aéroportuaires* » permettra de suivre en permanence les évolutions du contexte local, informer les acteurs politiques et économiques sur l'impact de leurs actions ainsi que d'orienter les choix des décideurs concernés (gouvernement, élus, directeurs d'aéroports, etc.).

Le présent chapitre expose des propositions pour la mise en place d'un tel observatoire. Dans un premier temps, il a été nécessaire de comprendre ce qu'est un observatoire, comment mettre en place et mener une démarche d'observation mais aussi de montrer l'intérêt de cet outil comme méthode d'évaluation (section 5.1.). Nous présentons ensuite l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires existant sur le territoire national : le Système d'Information Géographique développé dans le cadre du projet SURVOL (SIG SURVOL)(section 5.2.). Au regard de ces éléments, dans un troisième temps, un projet d'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires a été dessiné dans ses grandes lignes :le cadre de la démarche, la délimitation du champ de l'observation, la définition des méthodes appropriées pour le recueil d'informations, les analyses et interprétations de l'observation, l'organisation, la communication (section 5.3.).

Même si le projet d'observatoire envisagé vise quasiment le même objectif que le SIG Survol, à savoir les croisements entre niveaux d'exposition au bruit et conditions socio-économiques des populations pour mettre en évidence d'éventuelle situation d'inégalité environnementale, il ne s'agit évidemment pas d'un doublon de l'observatoire existant. Nous croyons qu'au contraire, notre démarche est complémentaire avec le SIG Survol, et ce, pour plusieurs raisons :

- Les deux observatoires n'utilisent pas les mêmes indices en ce qui concerne la mesure de la défaveur sociale. Comme nous l'avons abordé dans cette thèse, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de consensus entre les chercheurs et les décideurs sur les indicateurs qui permettraient d'évaluer les conditions socio-économiques des populations. Cette absence de consensus fait qu'il est encore plus difficile de démontrer et de faire accepter l'impact réel des nuisances sonores aériennes sur l'inégalité sociale face à ces nuisances. Afin de contourner ces limites, il est nécessaire de ne pas se satisfaire d'une seule analyse, d'une seule source ou d'un seul chiffre. Il est indispensable de croiser les regards et les méthodes et les sources utilisées.

- Notre projet d'observatoire vient enrichir l'observatoire existant par l'enrichissement des indicateurs : les indicateurs d'inégalité sociale face à l'exposition au bruit et les indicateurs d'impacts sur les valeurs immobilières.
- Il vient aussi l'enrichir par la diversification des territoires suivis.

5.1. Comment mettre en place et mener une démarche d'observation?

Cette section s'inspire fortement des travaux de l'Observatoire Régionale de l'Intégration et de la Ville ou ORIV (ORIV, 2008). Il convient tout d'abord de définir ce qu'on entend par observatoire.

5.1.1. Qu'est-ce que l'observation?

Selon l'ORIV, l'observation consiste en une action de suivi attentif des phénomènes, sans volonté de les modifier (ou de les influencer), à l'aide d'enquêtes, d'études ou de données quantitatives. C'est une démarche qui permet de recueillir, de créer et de traiter des données quantitatives et qualitatives, pour arriver à une meilleure connaissance du domaine, du sujet traité et aider à la prise de décision pour les pouvoirs publics et/ou les acteurs du territoire. Ainsi, observer consiste à chercher à comprendre, analyser et organiser des faits mesurables, suivre leur évolution dans le temps et dans l'espace (ORIV, 2008).

L'ORIV rajoute que observation peut relever de deux approches (ORIV, 2008) :

L'approche quantitative, qui se base notamment sur l'analyse de données préexistantes ou recueillies sur la base d'enquêtes spécifiques (par exemple le recensement de la population réalisé par l'Insee). La quantification est la base de l'observation, elle permet de dépasser les impressions et de se baser sur des données objectives.

L'approche qualitative qui repose sur le recueil d'informations, d'éléments de connaissance auprès de personnes, à partir d'entretiens, ou par l'analyse de documents (archives, corpus de texte). Elle se fonde sur des techniques liées à l'analyse du discours, de l'écrit. Cette approche

permet de donner du sens aux données quantitatives recueillies, de vérifier la pertinence des hypothèses posées et de compléter l'analyse.

Ces deux approches sont complémentaires et nécessitent des outils de suivi différenciés (exemples : tableaux de bord pour les données quantitatives, grille d'analyse pour les entretiens).

5.1.2. L'observatoire comme outil d'évaluation

L'observation des territoires est un outil :

- de connaissance du territoire, de sa situation actuelle, de son évolution ;
- d'aide à la décision pour la définition des politiques à mettre en œuvre ;
- de prévention, en détectant et en anticipant les évolutions ;

À ce titre, l'observation fait partie intégrante des processus d'évaluation. En effet, toute évaluation vise à mesurer les impacts d'une action, d'une politique, d'un dispositif. Ces actions ont souvent été définies sur la base d'un diagnostic. Il apparaît donc nécessaire d'actualiser et de suivre ces données, afin de savoir ce qui a pu changer et d'identifier les impacts des actions mises en œuvre. Les procédures d'évaluation reposent sur des données d'observation (indicateurs de contexte).

5.1.3. Les limites de l'observation

La démarche d'observation comporte un certain nombre de limites aussi bien dans l'interprétation des données quantitatives et leurs modes de productions que dans l'approche qualitative.

La limite principale concernant les données quantitatives est leur fiabilité et leur non exhaustivité. En effet, les structures ne recensent que les données qu'elles sont en capacité d'appréhender dans leurs dispositifs. C'est le cas par exemple de la base des données notariales : elle ne prend pas en compte les données sur le revenu dans les profils des vendeurs et acquéreurs, mais aussi la présence d'isolation acoustique dans la description des logements. L'actualisation des

données peut aussi remettre en question leur fiabilité si elles sont trop datées (ORIV, 2008). Par ailleurs, un chiffre est une construction complexe, qui met en jeu des personnes et des institutions. Comme on a pu le constater dans les analyses précédentes, chaque donnée est produite à des échelles territoriales différentes : par exemple les résultats du recensement de la population réalisé par l'Insee sont fournis à l'échelle des IRIS, alors que les courbes isophoniques sont calculées en chaque point du territoire. Ces partitions ne se chevauchent pas parfaitement et peuvent rendre difficile les croisements entre les données, leurs analyses et leurs interprétations.

Les données qualitatives, quant à elles, souffrent de leur non-exhaustivité et du fait qu'elles reposent sur des ressentis individuels, du subjectif. Elles rendent compte de points de vue. La collecte de données qualitatives est plus lourde car elle nécessite la mise en place du recueil des informations, ainsi que leur traitement (analyse du contenu des discours, des entretiens…). L'approche qualitative est souvent utilisée pour l'exploration d'un terrain, d'un sujet, mais aussi pour compléter les résultats fournis par l'approche quantitative. Elle permet une meilleure interprétation des données chiffrées (ORIV, 2008).

Par ailleurs, se pose la question de la temporalité de la démarche d'observation. Les politiques publiques sont soumises à des temporalités diverses, mais le processus d'observation ne peut prendre son sens que sur du long terme pour identifier et prendre en compte le changement. Il faut veiller à créer des séries homogènes permettant de mesurer les évolutions (ORIV, 2008).

5.2. Présentation des expériences développées en France : Le SIG SURVOL de BruitParif

5.2.1. Cadre du SIG SURVOL

En France, l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France (ARS IdF) a confié à Bruit Arif[57] la réalisation d'un Système d'Information Géographique dédié au projet SURVOL (SIG Survol)

[57] BruitParif est une association créée en 2004 à l'initiative du Conseil régional d'Ile-de-France, à la demande des associations de défense de l'environnement. C'est un lieu de concertation qui fédère les principaux acteurs de la lutte contre le bruit regroupés en 6 collèges : la Région Ile-de-France, les services et établissements publics de l'Etat, les collectivités territoriales, les activités économiques, les professionnels de l'acoustique et les associations de défense de l'environnement et de protection des consommateurs. Cette structure travaille en partenariat aux échelons régional,

dans l'objectif d'analyser les relations entre inégalités sociales et expositions au bruit et à la pollution atmosphérique autour des grandes plateformes aéroportuaires franciliennes et d'en suivre les évolutions au cours du temps. Le SIG SURVOL s'inscrit dans le cadre du Projet SURVOL mené au sein du premier Programme Régional Santé Environnement (PRSE1) - action 6bis relative aux nuisances générées par les aéroports de la région (action inscrit par le Préfet de la Région Ile-de-France)[58].

Une équipe projet a été mise en place associant la DRASS (Direction régionale des Affaires sanitaires et sociales) devenue l'ARS (Agence Régionale de Santé), Air Arif et BruitParif autour du Dr Hubert Isnard de la CIRE IdF (Cellule interrégionale d'Epidémiologie *Ile-de-Fra*nce) ainsi qu'un comité scientifique et un comité de pilotage. La mise à jour du SIG SURVOL nécessitera au cours des prochaines années la pérennisation d'un spécialiste de ces questions au sein de l'équipe de BruitParif et la poursuite des collaborations nécessaires entre l'ARS, AirParif et BruitParif sur ces problématiques.

Le SIG Survol ne se résume pas à de simples tableaux de bord visant à constater les tendances à l'œuvre dans le domaine socio-économique lié à l'exposition au bruit et la pollution atmosphérique autour des plateformes aéroportuaires parisiens. Ils sont aussi de précieux outils d'aide à la décision à destination des acteurs, notamment l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France (ARS Idf) comme des riverains (le SIG SURVOL sera prochainement mis en ligne dans le site de BruitParif). En effet, par la somme des données qu'ils regroupent et mettent en perspective

---

national et international. Elle a pour principale mission de: 1) Mesurer et évaluer l'environnement sonore (réseau de surveillance, laboratoire d'exploitation et d'analyse du bruit, recherche et développement), 2) Accompagner les politiques publiques (application de la directive européenne 2002/49/CE sur le bruit dans l'environnement, Forum des Acteurs franciliens pour une meilleure gestion de l'environnement sonore) et 3) Sensibiliser les Franciliens à l'importance de la qualité de l'environnement sonore et aux risques liés à l'écoute des musiques amplifiées

[58]Initialement, cette action visait d'une part à produire une synthèse des connaissances sur l'impact sanitaire des avions et d'autre part à mettre en œuvre un dispositif de surveillance sanitaire autour des aéroports de la région. Plus précisément, le projet SURVOL s'articule autour des trois volets suivants : *volet 1* : renforcement de la surveillance de l'exposition au bruit autour des plateformes aéroportuaires ; *volet 2* : renforcement de la surveillance de la qualité de l'air autour des plateformes ; *volet 3* : étude des éventuelles inégalités sociales d'exposition aux nuisances environnementales (bruit, air) autour des plateformes aéroportuaires.

ainsi que par les analyses qu'ils développent, l'observatoire contribue à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques. Ainsi, en révélant les secteurs au sein des zones d'étude présentant un cumul de fortes inégalités sociales et environnementales, le SIG SURVOL permet d'identifier les zones qui mériteraient ainsi d'être considérées comme des zones à enjeux prioritaires pour les politiques publiques de santé. Ces informations peuvent également aider les collectivités territoriales concernées à prioriser leurs actions en matière de lutte contre le bruit et la pollution atmosphérique et de protection des populations exposées.

5.2.2. Champs de l'observation

Comme on l'a dit, le SIG SURVOL vise à observer les relations entre inégalités sociales et expositions aux nuisances environnementales (bruit, pollution atmosphérique) sur un territoire directement concerné par l'impact des activités aéroportuaires.

Pour ce faire, le SIG consiste à croiser les caractéristiques socio-économiques des populations et les données environnementales (air, bruit) autour des grandes plateformes aéroportuaires franciliennes, afin de :

- représenter la variabilité des niveaux de bruit et de pollution atmosphérique dans les deux zones d'études,
- caractériser d'un point de vue socio-économique les populations concernées par les pollutions au sein de ces zones,
- mettre en évidence les relations entre les pollutions et le niveau de défaveur sociale des personnes exposées et répondre ainsi à la question : *« Existe-t-il des inégalités sociales d'exposition au bruit et/ou à la pollution atmosphérique au sein des zones d'étude SURVOL ?* »

Les territoires de l'étude ont été définies sur la base de certains critères, tout en tenant compte des zones de survol des avions, des courbes d'environnement sonore (CES), mais aussi des délimitations des plans réglementaires PEB et PGS.

Elles couvent deux zones : l'une au Nord autour de Paris-CDG et de Paris-Le Bourget et l'autre au Sud autour de Paris-Orly. Elles couvrent 299 communes et représentent 3,64 millions d'habitants (recensement 2006) : 211 communes et 2,67 millions d'habitants pour la zone Nord ; 88 communes et 975 902 habitants pour la zone Sud.

Le projet SURVOL a une vocation de surveillance sur le long terme.

5.2.3. Méthode de recueil des informations

Le SIG SURVOL a été développé autour du logiciel Arcview d'Esri. Il intègre trois sources de données : les données socio-économiques acquises auprès de l'INSEE, les données issues des cartographies de bruit consolidées par BruitParif et les données de qualité de l'air provenant d'Airparif.

Pour caractériser l'inégalité environnementale au sein des zones d'études, deux indices socioéconomiques traduisant la défaveur sociales (et appartenant à des approches différentes) ont été retenues : l'indice de Townsend et l'indice SES (« *Socio Economic Status* ») construit par l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique ou EHESP (voir chapitre 3 pour la définition de ces indices) et calculé à partir des données socio-économiques de l'INSEE. Ces indices sont calculées à l'échelle des à l'échelle des IRIS.

Les résultats sont présentés notamment sous forme cartographiques.

5.2.4. Quelques résultats de l'observation

Selon l'étude, il semble exister une diversité de situations au sein des zones d'étude conjuguant inégalités sociales et inégalités environnementales. Dans la grande majorité des cas, les IRIS qui présentent de fortes inégalités sociales d'exposition environnementale sont concernés par des situations de surexposition à la fois au bruit et à la pollution atmosphérique

Au sein des zones d'étude, les IRIS qui comportent les populations les plus défavorisées au sens de l'indice de Townsend ou de l'indice SES (IRIS aux valeurs supérieures au 95ème centile) se trouvent principalement :

- dans la zone d'étude nord, au sein d'IRIS très urbanisés de Seine-Saint-Denis ou du Val d'Oise. On citera par exemple certains IRIS des communes de Saint-Denis (93), La Courneuve (93), Sarcelles (95), Stains (93), Aulnay-sous-Bois (93), Garges-Lès-Gonesse (95), Goussainville (95). La commune de Meaux (77) avec plusieurs IRIS aux valeurs élevées ressort également dans le territoire Seine-et-Marnais.
- dans la zone d'étude sud, ce sont certains IRIS des communes d'Orly (94), Villeneuve-le-Roi (94), Villeneuve-Saint-Georges (94), Vigneux-sur-Seine (91), Savigny-sur-Orge (91), Montgeron (91) qui ressortent comme les plus défavorisés. Volet 3 du projet SURVOL : SIG développé e

5.25. Communication

Le SIG sera prochainement accessible au sein du site internet de BruitParif. Un tel système sera mis à jour périodiquement sur la base des nouvelles données et connaissances afin de suivre l'évolution des croisements entre caractéristiques socio-économiques, nuisances sonores et pollution atmosphérique au sein des zones d'études. Il est également prévu d'enrichir le système en tenant compte de l'évolution des méthodes d'évaluation environnementale, à travers : l'intégration des résultats des cartographies du bruit plus récents (mise à jour des données par l'intermédiaire du projet de cartographie régional porté par BruitParif); l'intégration des résultats des cartographies de pollution atmosphérique plus récents (notamment ceux qui seront délivrés par l'observatoire de la qualité de l'air mis en place par AirParif autour des plateformes aéroportuaires dans le cadre du volet 2 sur une partie du domaine d'étude) ; la prise en compte des travaux menés au niveau

régional (à travers notamment l'action du PRSE2[59]) sur l'identification des points noirs environnementaux) ou au niveau national.

5.3. Propositions pour la mise en œuvre d'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires en France

5.3.1. Rappel du contexte et objectifs de l'observatoire

Le présent projet d'observatoire répond à des demandes réitérées de plusieurs acteurs, en particulier de la part de l'Association Ville et Aéroport. Cette demande a été précédée par des réflexions approfondies et figure dans les diverses recommandations formulées par l'Association., dont on retrouve une synthèse dans le document intitulé : «*40 propositions pour un développement durable du transport aérien*» (Ville et Aéroport). Il est souhaité d'instaurer un observatoire dans chaque plateforme aéroportuaire.

L'Association Ville et Aéroport a été créée en 2000. Elle est constituée de membres fondateurs, de membres adhérents et de membres de droit : Elus, collectivités territoriales françaises et de l'Union Européenne, parlementaires. Son Président est Jean – Pierre Blazy, Maire de Gonesse et Député du Val-d'Oise.

L'Observatoire sera placé sous l'autorité du Président de l'Association. Une collaboration avec le monde universitaire a été envisagée. L'objectif est de développer un système d'information et de suivi scientifique des impacts des plateformes aéroportuaires sur les territoires.

Il émerge des attentes de l'Association que cinq missions seront assignées à cet observatoire :

[59] Le PNSE2 (2009-2013), adopté en Conseil des Ministres le 24 juin 2009, décline les engagements du Grenelle de l'Environnement en matière de santé environnementale et s'inscrit dans la continuité du PNSE. Organisé en 16 thématiques, 58 mesures et 12 actions phares, le PNSE2 s'articule autour de 2 axes forts, non exclusifs l'un de l'autre : 1) la réduction des expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; 2) la réduction des inégalités environnementales, qu'il s'agisse des inégalités de sensibilité en fonction de l'âge, de l'état de santé, des inégalités liées au contexte socio-économique ou des inégalités géographiques liées à l'inhomogénéité des altérations de l'environnement sur le territoire.

- rassembler, analyser et diffuser les données et informations relatives aux «impacts des plateformes aéroportuaires sur les valeurs immobilières et les processus sociodémographique à l'œuvre sur les communes impactées», afin de constater s'il existe un phénomène d'inégalité environnementale face à l'exposition aux nuisances aéroportuaires ;
- contribuer au développement de la connaissance et des systèmes d'informations dans les domaines mal couverts ;
- réaliser des travaux d'études, de recherche, d'évaluation ;
- formuler des propositions et avis sur la mise en œuvre de la politique de lutte contre les nuisances aéroportuaires ;
- organiser un colloque annuel et publier des documents scientifiques pour présenter les données ainsi collectées.

L'Association donne des avis au gouvernement sur toutes les questions relatives au développement durable autour des aéroports, à l'améliorer la qualité de vie des populations soumises aux nuisances aéroportuaires, entre autres. Les études établit pas l'observatoire seront portées à la connaissance de tous les acteurs du transport aérien et transmises aux représentants de l'Etat.

Trois types d'utilisation seraient prévues pour l'observatoire : 1) constituer un outil d'accompagnement dans les réflexions et débats sur les politiques de développement durable des activités aéroportuaires ; 2) constituer un instrument d'appui à l'élaboration et à l'évaluation de l'efficacité des politiques publiques et 3) organiser des colloques et développer des publications scientifiques en direction des tous les acteurs du secteur aérien.

Sur le premier point, il est apparu que la compréhension des impacts sociaux et territoriaux des plateformes aéroportuaires, est aujourd'hui déterminante pour l'action tant des pouvoirs publics que des associations. Les relations entre aéroport et territoire ne vont pas de soi. Elles sont l'objet de vifs débats, attisés par les inquiétudes portant d'une part sur l'avenir du secteur aérien, d'autre part sur le devenir de leurs territoires d'accueil. Les préoccupations actuelles liées au

développement durable questionnent ces relations. La croissance des trafics aériens se traduit par des questions autour de la pollution, des conséquences sanitaires ou environnementales. Par ailleurs, il s'avère que les dynamiques spatiales de certains pourtours aéroportuaires se traduisent par une dépréciation des valeurs immobilières ou encore une paupérisation des espaces, notamment due au bruit des avions. De nouvelles politiques devraient ainsi être formulées à l'adresse du monde aéroportuaire pour éviter ou réparer ces tendances. Cependant, faute de données incontestables notamment sur leurs degrés, évolutions et sur les processus qui conduisent à ces phénomènes, les propositions de politiques sont mal débattues.

Sur le second point, la prise en compte par les pouvoirs publics des impacts sociaux et territoriaux des activités aéroportuaires s'est manifestée par une multiplication des dispositifs règlementaires. Il s'git par exemple de mesures règlementaires comme la limitation des constructions de logements avec le PEB ou la limitation du nombre de mouvements la nuit, des mesures compensatoires comme l'aide à l'insonorisation des logements, de normes internationales (interdiction des avions bruyants, etc.) ou encore de la recherche des meilleures technologies pour atténuer leurs émissions sonores. Mais les résultats auxquels conduit leurs applications restent largement méconnus, les indicateurs manquent pour les apprécier. Localement ou à l'échelle nationale, les discussions sont vives sur l'efficacité de ces politiques à résoudre réellement les problèmes du bruit.

Enfin, sur le dernier point, il s'agit de permettre aux différents acteurs et aux décideurs d'avoir une vision synthétique de l'état des impacts territoriaux des plateformes aéroportuaires. En effet, la démarche proposée par l'Association Ville et Aéroport est basée sur la conviction que le développement durable du transport aérien repose sur la capacité des multiples acteurs du secteur à se coordonner, à définir ensemble les orientations à poursuivre et à mettre en œuvre les moyens de les atteindre.

Dans ce contexte, les données collectées et diffusées par l'observatoire vont, en améliorant et en «objectivant» le niveau d'information, contribuer aux décisions, négociations, coordinations nécessaires à la conduite de l'action collective.

A partir de la section suivante, nous exposons nos propositions pour la mise en place d'un observatoire des «impacts des plateformes aéroportuaires sur les valeurs immobilières et les processus socioéconomiques à l'œuvre sur les communes impactées».

5.3.2. Proposition d'organisation

La composition de l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires devrait être représentative des acteurs concernés par la lutte conte les nuisances sonores aériennes. Il apparaît comme un lieu privilégié de concertation entre les acteurs. Un système à trois niveaux est proposé.

1) Un niveau stratégique de concertation et de décisions

Il lui reviendrait de fixer le programme annuel d'étude de l'observatoire et de délimiter chaque année un thème d'étude central. Cette instance d'orientation serait placé sous l'autorité du Président de l'association Ville et Aéroport. Sur la base des expériences tirées de certains observatoires (par exemple l'Observatoire de l'Habitat à Paris, etc.), il convient que celui-ci réunisse, au moins deux fois par an, les membres qui composent le niveau stratégique. Ces réunions auront pour objet de faire le bilan des politiques mises en œuvre par le gouvernement.

En seraient parties prenantes : les Elus, l'ACNUSA, les représentants des communes, les Conseils Généraux, les représentants d'association diversement concernées (association de lutte conte le bruit, etc.).

Chaque comité pourrait être construit autour d'une thématique, liée aux politiques engagées par le gouvernement et aux études lancées dans le cadre de l'observatoire.

2) Un comité scientifique partenariale

Le comité scientifique serait l'organe de production d'indicateurs et d'étude de l'observatoire. Il peut s'agir d'une équipe permanente, composée de spécialistes de l'analyse des données. Ils doivent connaître le dispositif et les enjeux de la lutte contre le bruit des avions ainsi que le contexte et les spécificités de des territoires. Peuvent s'y ajouter les représentants

d'organismes contribuant à alimenter les bases de données : Chambre des Notaires, DGAC, ADP, BruitParif, etc.

Ce comité scientifique aurait pour mission de donner son avis et valider les publications et les indicateurs de l'observatoire. Il assurerait également la mise à jour des méthodologies sur la base de nouvelles connaissances issues des recherches scientifiques et des nouvelles orientations politiques. Cette instance sera également en charge d'élaborer, de gérer et d'animer le dispositif opérationnel de l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires.

3) Une Assemblée annuelle

Comme évoqué précédemment, l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires donnerait lieu à un colloque annuel. En effet, la majorité des observatoires accordent une grande importance aux échanges entre les acteurs du secteur concerné, voire en direction d'un public plus large. Ils organisent pour ce faire des groupes de travail ainsi que des colloques. L'observatoire de l'impact des plateformes aéroportuaires pourrait donner lieu à un colloque annuel, pour :

- Communiquer et valoriser les résultats des études de l'observatoire ;
- Favoriser les débats sur les politiques aéroportuaires en France :

Ce colloque serait l'occasion de réunir les principaux acteurs du secteur aéroportuaire en France. Au-delà de ces acteurs, cet évènement annuel aurait vocation à être largement ouvert au public et à la presse. Pour cet évènement, une large participation des acteurs internationaux [60] serait vivement souhaitée pour le partage d'expériences.

Il convient de concevoir une base de données regroupant tous les acteurs.

[60]Par exemple l'Airport Region Conference (ARC) qui est une association de collectivités locales régionales à travers l'Europe avec un aéroport international situé à l'intérieur ou à proximité de son territoire. Pour en savoir de plus, voir http://www.airportregions.org

5.3.3. Indicateurs et sources de l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires

Le champ que nous proposons d'observer est celui de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières et les caractéristiques socio démographiques autour des aéroports. Ainsi, l'observatoire devait recueillir des données dans trois domaines :

- Impacts sur les valeurs immobilières ;
- Caractéristiques sociodémographiques ;
- Exposition au bruit des avions.

Pour chacun de ces trois domaines, il est proposé de s'appuyer avant tout sur des analyses quantitatives reposant sur les données existantes dans le cadre du système de statistique publique. Trois outils d'analyses sont proposés: l'analyse économétrique (MPH), l'analyse statistique (analyse factorielle, etc.) et le SIG.

Cette thèse propose déjà d'outils de recueil de données. Dans un premier temps, l'observatoire peut s'appuyer sur les informations contenues dans les bases actuelles. Les indicateurs ci-après peuvent servir de repères. Ils pourront être complétés progressivement grâce à l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires dont c'est la mission principale, voire par des laboratoires universitaires de sciences économiques et sociales.

1) Les indicateurs relatifs aux impacts du bruit sur les valeurs immobilières :

- Pourcentage de dépréciation par zone de bruit ;
- *Noise Depreciation Index (NDI*) : il s'agit du pourcentage de dépréciation de la valeur du logement pour une augmentation d'un décibel du niveau de bruit. Il convient de la calculer selon le type de bien : maison ou appartement.
- *Real Estate Tolerance Level* (RETL) : inspiré du CTL (*Community Tolerace Level*), il s'agit d'un nouvel indicateur développé dans le cadre de cette thèse. Il apporte un regard nouveau sur les impacts du bruit des avions sur les valeurs immobilières. En effet, il constitue un indicateur d'impact sur les valeurs immobilières plus proche de la courbe de relation gêne sonore. Il représente le niveau de bruit pour lequel il y aura 50% de décote.

- Coûts sociaux des nuisances sonores : il s'agit du coût en euros du bruit par décibel ou par zone de bruit. Il peut être calculé par personne ou par ménage.

  Pour le calcul des coûts sociaux totaux du bruit, on peut appliquer la formule suivante:

  $C_n = \sum_i L_{NDI}\, P_v\, (N_{ai} - N_o) H_i)$

oùL_{NDI} est le NDI exprimé en pourcentage, P_v la moyenne annuelle du loyer des habitations autour de l'aéroport, et donc $L_{NDI} P_v$ est le coût social annuel du bruit par résident par dB(A). $(N_{ai} - N_o)$ représente le niveau de bruit au dessus du niveau de bruit ambiant, où N_{ai} est la moyenne du niveau de bruit pour la i-ème zone de bruit, N_o le niveau de bruit de fond ou le bruit ambiant. Ceci est finalement multiplié parH_i, le nombre de logements à l'intérieur de la i–ème zone de bruit.

Le loyer annuel moyen P_v peut être remplacé par la moyenne des valeurs des logements autour de l'aéroport à partir de l'équation de récupération du capital suivante, où *r* est le taux d'intérêt hypothétique et *n* la moyenne de la durée de vie de l'habitation (Levinson et al, 1997):

$$P_v = P\left(\frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}\right)$$

Notons toutefois, il convient de distinguer les effets de la gêne est les effets sur la santé proprement dite, sachant que deux effets reviennent plus fréquemment dans les débats : la perturbation du sommeil ainsi que les stress et les maladies cardio-vasculaires, qui survient à un niveau d'exposition>70 dB(A)) et la gêne ressentie. Les résultats fournis par l'observation des prix immobiliers doivent donc être corrigés pour tenir compte de ces effets du bruit sur la santé. Dans le rapport Boîteux, ils sont intégrés via une majoration de la valeur du bruit de 30%.

Ainsi, il est essentiel de recueillir des données supplémentaires : la durée moyenne d'habitation dans le logement, le nombre de logements par zone de bruit et le nombre de personnes par ménage, le taux d'intérêt.

2) Les indicateurs relatifs aux caractéristiques sociodémographiques

- Indice de défaveur sociale : Indice synthétique calculée à l'aide de l'outil ACP à partir quatre variables : revenu, taux de chômage, taux de non diplômés et taux d'ouvriers.
- Rapport Q5/Q1
- TDQI
- CERI

3) Les indicateurs relatifs à l'exposition au bruit de la population

- Population : nombre d'habitants selon le niveau d'exposition au bruit ;
- Population défavorisée : nombre de population défavorisée (Quintile 5 de l'indice de défaveur sociale) dans la zone de bruit ;

Notons que les analyses et interprétations des observations devraient également chercher à comprendre les tendances, par exemple, en se demandant pourquoi la situation a évolué dans ce sens. C'est pourquoi, la mise en place d'enquête qualitative sera nécessaire.

5.3.4. Sources de données

Pour pouvoir disposer de l'ensemble des données utiles, plusieurs sources de données devraient être mobilisées : les bases notariales sur les transactions immobilières, les résultats du recensement de la population de l'INSEE, les Revenus Fiscaux localisés de ménages fournies par l'INSEE- DGFIP et les courbes isophoniques (PEB, PGS, CSB), etc.

Le tableau 67 présente les différentes données utiles pour l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires tout en présentant leur coût d'acquisition :

Informations	Base de données	Source	Coût d'acquisition
Données sur les transactions immobilières	Base BIEN et PERVAL	Chambre des Notaires	Le coût unitaire HT d'une référence varie de 1,5€ à 3€
Nombre d'habitants Caractéristiques de la population	Recensement de la population	INSEE	Gratuit [En ligne] : www.insee.fr
Revenus des ménages	Revenus fiscaux localisés des ménages	INSEE-DGFIP	Gratuit [En ligne] : www.insee.fr
Exposition au bruit des avions	PEB, PGS, CES	ADP DGAC	Gratuit
Exposition au bruit routier et ferroviaire	CES	DDEA*	Gratuit
Fonds cartographiques	Limites d'IRIS, de Communes, de Départements)	IGN	

*Direction Départementale de l'Equipement et de l'Agriculture

Tableau 67: Sources de données pour l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires

Les bases de données notariales fournissent les informations sur les transactions immobilières (prix, date de transaction, caractéristiques des acquéreurs, etc.). Elles sont mises à jour en permanence. Elles ont cependant un coût. Le prix d'une référence varie maintenant de 1,5€ à 3€ HT (tarif dégressif en fonction du volume de la commande). C'est donc un investissement conséquent pour une association. Afin de réduire ce coût, un partenariat avec la Chambre des Notaires devrait être envisagé.

Le recensement de la population permet de connaître la population de la France, dans sa diversité et son évolution. Il fournit des données sur le nombre d'habitants et sur leurs caractéristiques à l'échelle des IRIS et des communes. Son obtention ne pose pas de problème. Les données sont accessibles gratuitement à partir du site de l'INSEE consacré au recensement (www.insee.fr, rubrique « Recensement »). Depuis 2004, le recensement est annuel et le comptage traditionnel est remplacé par des enquêtes de recensement annuelles. Il repose désormais sur une collecte d'informations annuelle, concernant successivement tous les territoires communaux au cours d'une période de cinq ans. Les communes de moins de 10 000 habitants réalisent une enquête

de recensement portant sur toute la population, à raison d'un cinquième des communes chaque année. Les communes de 10 000 habitants ou plus, réalisent tous les ans une enquête par sondage auprès d'un échantillon de leur population représentant 8% de leur population. Ainsi chaque année, l'enquête annuelle constitue un échantillon de 14% des personnes vivant en France.

La base de donnés sur les revenus fiscaux localisés des ménages sont aussi gratuites pour toute la France. Elle est mise à jour annuellement.

Les données sur l'exposition au bruit des avions (PEB, PGS, CES) sont également gratuites. Ces trois courbes sont disponibles sur les aéroports parisiens. Par contre, les aéroports de province ne disposent pas à notre connaissance de CES. Un partenariat avec les gestionnaires d'aéroports pourraient également être développés afin d'obtenir de telles données. De même, un partenariat avec BruitParif pourrait être établi pour bénéficier des évolutions scientifiques récentes dans le domaine de la mesure de l'exposition au bruit et adapter ainsi les indicateurs en fonction de ces évolutions.

5.3.4. Les zones à observer et de référence

Au sein de chaque aéroport, les zones à observer pourraient couvrir les zones impactées par le bruit des avions (par exemple, communes comprises dans la zone C du PEB, etc.). La définition de ces zones devrait encore faire l'objet d'une concertation entre les différents acteurs.

L'interprétation des données consiste à mesurer la signification des chiffres et de ce qu'on a pu observer. Pour cela il sera utile de comparer les chiffres à une population de référence. La présentation de l'évolution des situations du territoire impacté sera donc complétée d'une description de l'évolution de la population de référence. Comme on l'a vu, il n'y a pas d'indication claire dans les littératures sur le choix de la population de référence. Par exemple, la population de référence pourrait être la commune, le département, la région, ou des zones définies arbitrairement (zone située à l'intérieur d'un certain rayon autour de l'aéroport, etc.). Aussi, ce choix devrait faire l'objet d'une réflexion approfondie. Il devrait également faire l'objet d'ne concertation entre les différents acteurs. Il a été démontré que les conclusions des observations peuvent en dépendre.

Comme le SIG Survol, l'observatoire devrait avoir pour vocation de surveillance à long terme.

5.3.6. Quelques propositions pour la réalisation d'études

Au-delà d'un simple suivi des indicateurs, des études thématiques peuvent être réalisées pour mieux accompagner la politique publique. Les débats sur les politiques aéroportuaires suggèrent plusieurs pistes à étudier: réduction du bruit (réduction des vols nuit, plafonnement des trafics, déplacement de certains vols vers d'autres aéroports, création de nouvel aéroport, mise en place de lignes de TGV pour prendre en charge le fret aérien, afin de réduire les nuisances sonores des vols de nuit et abaisser les émissions de CO2, etc.), internalisation des coûts environnementaux du transport aérien en renforçant la fiscalité écologique, compensation des riverains pour les nuisances subies,

Dans cette section, nous allons montrer en quoi les indicateurs proposés permettent de contribuer à une meilleure analyse de ces sujets.

D'abord, le NDI offre plusieurs perspectives. A partir de ces NDI, il est possible d'exprimer en termes monétaires la perte de bien-être telle qu'elle est subie par les riverains. Ces valeurs monétaires reflètent le coût associé aux nuisances sonores «coûts sociaux». En France, elles peuvent servir de valeur tutélaire du bruit des avions (valeur de référence pour l'Etat). Rappelons qu'une valeur tutélaire constitue fondamentalement un instrument de mesure à l'appui des politiques de l'environnement que les décideurs mettent en place. Elle peut à la fois orienter l'action publique et constituer un élément d'information pour les agents économiques privés en leur donnant de la visibilité sur les orientations publiques de moyen-long terme (MEDD, 2010). Elles constituent notamment :

- un référentiel pour valoriser le bruit dans l'évaluation des projets d'investissements publics (analyses coûts-bénéfices d'un projet de création d'un nouvel aéroport, par exemple) ;

- un instrument pour définir et évaluer l'efficacité des grandes politiques publiques de réduction de lutte contre le bruit (PEB, PGS, etc.) ;
- une référence pour le calibrage des instruments de régulation économique (taxation, compensation, etc.) ;
- un signal pour les choix de recherche et développement et d'investissement des entreprises.

A l'étranger, on a recensé trois principales applications politiques de ces indicateurs (Nelson, 2008).

Premièrement, dans le cadre des analyses coûts- bénéfices des projets d'atténuation ou de réduction des bruits, notamment : l'expansion d'un aéroport, le couvre-feu nocturne, l'utilisation d'avions plus silencieux, etc. Pour des exemples d'études dans ce domaine, on peut se référer à : Bateman et al (2005), De Vany et al (1977), Morrisson et al (1999), Nellthorp (2007), Nelson (1978), Nijland et al (2003), Saelensminde et Veisten (2006) et Wilhemsson (2005).

Deuxièmement, dans le cadre de l'évaluation globale de l'intégralité des coûts sociaux des transports aériens. Des exemples d'études sur les coûts sociaux du bruit incluent : Levinson et al (1998), Schipper (2004), Brchet et al (2009), etc.

Troisièmement, ces indicateurs ont été utilisés dans l'évaluation des instruments de politiques alternatives, comme le calcul des taxes sur les nuisances sonores aériennes. Pour des exemples d'études, voir : Hsu et Lin (2005) ; Newberry (2005), Pearce et Pearce (2000).

Par ailleurs, la dépréciation des valeurs immobilières peut être considérée comme une approximation du montant des compensations à verser aux riverains (Walters, 1975). En Suisse par exemple, une décision récente de la Cour Suprême Fédérale Suisse permet l'utilisation des résultats du modèle hédonique dans les litiges de compensation du bruit à l'aéroport de Zurich (Salvi, 2008). Toutefois, ce chiffe ne nous dit rien sur la meilleure manière de gérer la question de compensation. Cette question dépasse largement le cadre de cette étude.

Les indicateurs relatifs à la répartition spatiale des caractéristiques sociodémographiques permettent, quant à eux de cibler notamment les zones d'actions publiques prioritaires. Par exemple, s'ils suggèrent que le coût du bruit des aéroports tombe de façon disproportionnée sur les populations défavorisées, et s'il y a une augmentation de cette tendance, ces résultats peuvent être considérés comme un moyen d'attirer l'attention des décideurs politiques sur les personnes les plus vulnérables autour des aéroports, lors de la mise en place de nouvelles politiques publiques de réduction du bruit ou leurs révision (Ogneva-Himmelberger et Cooperman, 2010). Les politiques actuelles et les programmes de lutte contre le bruit, par exemple le programme d'aide à d'isolation acoustique des logements, ne prennent que partiellement en compte les caractéristiques socio-économiques de la population exposée. Actuellement, le critère d'éligibilité à cette aide est notamment la localisation du logement dans le périmètre du PGS et son antériorité par rapport au PEB. Le niveau de revenu de la population touchée devient important si le fond gouvernemental pour le programme d'aide à l'insonorisation est insuffisant pour servir l'ensemble de la population. Dans ce cas, la population à faible revenu devrait être traitée en priorité car elle n'aurait aucun moyen pour financer l'isolation phonique du logement occupé en attendant le versement de l'aide. Les informations sur les caractéristiques sociodémographiques des habitants deviennent ainsi importantes pour cibler les secteurs les plus défavorisés.

Enfin, comme on l'a dit, il convient de compléter les analyses quantitatives par des approches de terrains. Les annexes 10 et 11 présentent des exemples de questionnaires, destinées aux ménages ainsi qu'aux Elus et responsables locaux, que nous avons élaboré dans le cadre de cette étude. Le questionnaire auprès des Elus et responsables locaux a déjà été testé auprès de quelques communes. Il nous a permis d'obtenir des résultats assez intéressants, bien que quelques améliorations soient à apporter. Nous profitons ici pour remercier les Elus et responsables locaux qui ont répondu à cette enquête. Le questionnaire auprès des ménages a été élaboré sur la base des littératures existantes, puis adaptée à notre angle d'analyse, à savoir l'inégalité environnementale.

5.4. Conclusion du chapitre 5 et nouvelles pistes à creuser

Dans ce chapitre, nous avons proposé les éléments importants à la mise en œuvre d'un observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires. La méthodologie que nous avons proposée repose sur l'approche quantitative. Nous pensons qu'il faudrait renforcer l'analyse quantitative par une approche de terrain (observations, enquêtes par questionnaire, entretiens individuels et/ou collectifs)[61]. Une telle approche permettra de prendre en compte le point de vue des habitants et des acteurs de terrain. Elle permettra également de donner du sens aux données chiffrées et de compléter ou de pallier aux limites statistiques. Par exemple, l'enquête Revenus Fiscaux qui sert pour la construction de l'indice de défaveur sociale présente particulièrement une limite. Les prestations sociales, qui représentent près de la moitié du revenu disponible des ménages pauvres ne figurent pas sur les déclarations fiscales ; elles sont donc estimées sur barèmes ou simulations économétriques, calées sur les effectifs des bénéficiaires existants. L'INSEE doit également procéder à un redressement statistique des non-déclarations fiscales (ONPES, 2000). Ces éléments sont pourtant essentiels car ils peuvent engendrer un sentiment de décalage que ressentent les acteurs de terrain, et plus largement l'opinion publique entre les connaissances chiffrées et la réalité qu'ils vivent ou qu'ils côtoient. Le tableau 68 résume les approches de terrain existantes, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

[61] Cela a été envisagée au début de la thèse, mais a été abandonnée compte tenu de diverses contraintes (liées aux coûts de l'étude notamment).

Méthode	Définition	Avantage	Inconvénient
Observation de terrain	Il s'agit d'observer directement et visuellement ce qui se passe sur le terrain.	Elle saisit directement des événements spontanés et permet une relative authenticité des comportements par rapport aux paroles.	Elle nécessite une retranscription des phénomènes observés, dans des grilles formalisées, risquant de faire perdre de l'information.
Enquête par questionnaire	Elle consiste à poser, à un ensemble de personnes, une série de questions relatives à leur situation, leurs opinions, leurs attentes, etc.	Elle permet de vérifier des aspects particuliers et de compléter les données quantitatives qui peuvent être fournies par des organismes extérieurs.	Cette approche est généralement assez lourde et coûteuse. Elle nécessite également une grande rigueur méthodologique (technique d'échantillonnage, formulation des questions, adaptation des questions aux enquêtés, formation des enquêteurs…) et une connaissance au préalable du sujet pour construire les réponses possibles aux questions.
L'entretien	L'utilisation de l'entretien est adaptée lorsqu'on veut travailler sur des attitudes, des perceptions, des comportements individuels. L'entretien permet de saisir le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques ou aux faits, de reconstituer un processus d'action ou un événement, d'analyser un problème précis.	Cette technique permet une connaissance en profondeur des points de vue des acteurs, habitants… tout en respectant leurs cadres de référence.	Cette méthode peut être considérée comme produisant des contenus trop subjectifs et nécessite une certaine technicité pour leur réalisation (l'enquêteur risque d'influencer les propos de l'interviewé), comme pour l'analyse (il ne s'agit pas d'une simple conversation).

Tableau 68: Avantages et inconvénients des approches de terrains. *Source* : ORIV, 2008

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce travail de thèse était d'analyser l'inégalité environnementale face à l'exposition au bruit des avions, en France.

Trois hypothèses ont orienté la recherche. Elles sont basées sur la théorie de localisation :

1. Plus le niveau de bruit des avions est considéré comme sérieux dans un territoire, plus faible est la proportion de personnes aisées et plus élevée la proportion de personnes défavorisées qui y réside.
2. La proportion de personnes favorisées diminue et la proportion de personnes défavorisées augmente au fil du temps dans les territoires présentant de sérieux problèmes de nuisances sonores aériennes ;
3. Le prix des biens fonciers et immobiliers capitalisent la valeur des aménités. Les valeurs des logements sont plus faibles dans les zones avec de sérieux problèmes de nuisances, toutes choses égales par ailleurs.

Le choix des méthodes d'analyses nous a conduit à une approche interdisciplinaire, rassemblant l'acoustique, la géographie et l'économie. Compte tenu de diverses contraintes, nous avons consciemment privilégié une approche quantitative. Une analyse comparative a été menée. Les terrains étudiés étaient : Paris-CDG, Paris-Orly, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Sur la base des littératures existantes, sur chaque terrain, la sélection des zones d'études s'est effectuée à travers deux critères : la taille de la zone de bruit de l'aéroport (définie par le PEB) et les départements concernés par ces zones de bruit de l'aéroport.

Résumé des résultats

La présentation des résultats s'est fait en deux étapes.

La première étape a porté sur l'analyse de la répartition de la population selon les caractéristiques socio-économiques ainsi que sur l'analyse de l'évolution de cette répartition dans le temps. La méthodologie est basée sur le SIG, et utilise les données provenant du recensement de la population et des revenus fiscaux localisés des ménages. L'étude couvre les périodes 2007 et 2011. Dans un premier temps, la population a été analysée en se basant sur la comparaison de l'indice synthétique de défaveur sociale. Cet indice a été construit avec l'outil ACP à l'aide de quatre caractéristiques socio-économiques : le taux de chômage, le pourcentage d'ouvriers, le pourcentage de non diplômés et le revenu médian par unité de consommation. Les trois premières variables constituent une dimension négative de la défaveur sociale. La dernière en a constitué une dimension positive. En utilisant cet indice, nous avons pu répartir la population dans cinq groupes (quintile) qui reflètent bien les populations aisées (Q1) et défavorisées (Q5).

Pour donner une image simple de la ségrégation, trois indicateurs ont été retenus : le rapport Q5/Q1, le TDQI et le CERI. Les résultats obtenus ont mis en évidence une inégalité sociale face à l'exposition au bruit des avions autour de trois aéroports : Paris-CDG, Paris-Orly et Toulouse-Blagnac. Néanmoins, cette hypothèse est seulement valide dans les zones urbanisées, même au sein d'un même aéroport (Val-d'Oise pour Paris-CDG et Val-de-Marne pour Paris-Orly). De plus, l'inégalité est plus marquée à Toulouse par rapport à Paris-Orly ou à Paris-CDG. L'analyse de l'évolution temporelle a montré que l'inégalité semble augmenter (ou du moins resté stable), entre 2007 et 2011. L'évolution la plus forte concerne l'aéroport de Toulouse. Inversement, à Paris-CDG, les indicateurs indiquent une très légère diminution des inégalités. Toutefois, les résultats sont différents pour l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry. Nous n'avons pas remarqué de liens entre niveau d'exposition au bruit des avions et défaveur sociale.

Il s'avère donc que les hypothèses relatives aux liens entre caractéristiques socio-économiques de la population et l'exposition au bruit des avions (hypothèses 1 et 2) n'ont été que partiellement vérifiées.

La seconde étape de l'analyse porte sur l'impact du bruit sur les valeurs immobilières. Il s'agissait de comparer le prix des logements exposés au bruit des avions avec ceux non exposés, toutes choses égales par ailleurs. La méthode d'analyse est basée sur la MPH. Les données utilisées proviennent des bases notariales sur les transactions immobilières : BIEN et PERVAL. Compte tenu du coût d'acquisition des données, les études ont été seulement menées sur Paris-CDG[62] mais aussi Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac, terrains qui n'ont jamais fait l'objet d'investigation dans le domaine. Les données disponibles portent sur plusieurs périodes, mais les résultats retenus sont ceux après les dates d'approbation du PEB, donnée d'entrée utilisée pour la mesure de l'exposition au bruit de chaque logement. Les résultats des analyses mettent en évidence une décote immobilière due au bruit des avions à Paris-CDG (département du Val-d'Oise) et à Toulouse-Blagnac. La décote est quasiment identique à Toulouse et à Paris-CDG. Concernant la tendance temporelle, nos résultats ont mis en évidence une tendance plutôt stable pour les zones moins exposées et à la baisse pour les zones plus exposées au bruit autour de Paris-CDG. L'analyse de l'évolution dans le temps n'a pas été menée dans le cas de Toulouse-Blagnac et Lyon-Saint-Exupéry. A l'inverse, les résultats autour de Lyon-Saint-Exupéry ne mettent pas en évidence d'impact significatif du bruit des avions sur les valeurs immobilières.

Donc, comme les analyses précédentes ; l'analyse de l'impact du bruit des avions sur les valeurs immobilières ne confirme que partiellement notre hypothèse de recherche (hypothèse 3).Néanmoins, nos résultats sont soutenus par ceux des études antérieures.

Les résultats de notre recherche ont suggéré que les pouvoir publics doivent agir afin de contourner ou d'éviter les tendances observées. Ainsi, notre recherche a suggéré la création d'un observatoire des impacts territoriaux des plateformes aéroportuaires. Nous avons proposé des

[62] Il existe énamoins une étude réalisée par le bureau d'étude BIPE sur Paris-CDG, mais qui n'a pas fait l'objet d'une publication)

indicateurs et avons montré en quoi ils permettent de contribuer à une meilleure prise en compte des impacts des nuisances sonores aériennes par les décideurs.

Limite de l'étude et recommandations pour les futures recherches

Au terme de cette recherche, nous pouvons affirmer qu'en procédant aux différentes analyses qui avaient pour but d'examiner l'interaction entre variables socioéconomiques, prix immobilier et bruit des avions, nous avons pu atteindre le but principal de notre recherche.

Nos résultats viennent soutenir l'existence d'une inégalité environnementale face à l'exposition au bruit des avions que constatent les acteurs de terrains et les différents auteurs. Ainsi, nos résultats fournissent la preuve empirique que le bruit influence le prix immobilier et la répartition dans l'espace de la population selon le statut socio-économique. Mais nous concluons que les modèles utilisés dans notre analyse sont valables dans les zones densément urbanisées alors qu'ils perdent en pertinence dans les milieux peu denses et ruraux.

Ainsi, il nous paraît important de préciser que nous avons pu tirer une conclusion assez intéressante.

En même temps, nous pensons que notre recherche a aussi certaines limites. Ainsi, nous estimons que ces limites telles que nous les décrivons pourraient être considérées comme des mises en garde pour les recherches futures.

D'abord, en ce qui concerne l'analyse de la répartition socio-économique de la population, les limites concernent principalement :

- La mesure de la défaveur sociale : la mesure de la défaveur sociale utilisée dans cette thèse se rapporte aux IRIS, non aux personnes. C'est pourquoi certaines erreurs peuvent se produire lorsque l'indice de défaveur d'une personne ne correspond pas à celui de l'endroit où elle vit (par exemple, un IRIS avec une valeur d'indice de défaveur faible peut comprendre des personnes à valeur supérieure). Ceci a tendance à sous-estimer les

écarts en matière de désavantage entre quartiers défavorisés et favorisés, contrairement aux mesures individuelles de cette valeur. Une analyse à une échelle spatiale plus fine, au domicile et/ou dans les lieux d'activités, ou mieux à une échelle individuelle serait donc très utile.

- La méthode d'estimation du nombre d'habitants: elle peut encore être affinée pour tenir compte de l'emplacement des bâtiments dans l'espace et du nombre d'étage des bâtiments, etc.
- Le choix du « groupe de référence » : le choix du groupe de référence influence les résultats de l'étude. Il convient d'effectuer plusieurs tests pour s'assurer de la stabilité des résultats. Une analyse par département est importante lorsque l'aire d'étude couvre plusieurs départements.

En ce qui concerne la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques, plusieurs directives d'application ont été proposées:

- une série de données importante, de plusieurs centaines d'observations au moins ;
- la vérification de plusieurs variables représentant chaque catégorie pertinente de caractéristiques (par exemple le logement, le voisinage, l'accessibilité et l'environnement) ;
- l'usage de variables « bruit des avions » plus finement mesurée ;
- des tests d'autres indicateurs de bruit, tels que le nombre de mouvements d'avions ;
- des tests de différentes formes fonctionnelles ;
- des variables comprises dans la fonction de prix hédoniques, en vue de représenter chaque caractéristique pertinente ;
- il convient de prendre en compte les comportements de prévention : par exemple ; on peut recourir au double vitrage pour réduire l'incidence du bruit ;
- la segmentation du marché selon le type de bien (maison/ appartement) est importante;
- l'usage du SIG dans la collecte et l'assemblage des données ;

- En ce qui concerne la prise en compte de l'autocorrélation spatiale : dans le cas précis de notre zone d'étude, nous avons mis en évidence certaines difficultés et complexités économétriques. En effet, nous avons constaté que la prise en compte de l'autocorrélation spatiale est complexe et difficilement réalisable avec les logiciels économétriques standards. Pour y parvenir, il a fallu utiliser un logiciel d'analyse spatial. Dans cette étude, nous avons utilisé la version d'essai du logiciel Space-stat. Toutefois, celui-ci n'a pas totalement résolu le problème, étant donné la grande taille de notre échantillon (insuffisance de mémoire). Néanmoins, en utilisant les enseignements des recherches scientifiques antérieures, on parvient à résoudre le problème.
- La comparaisons des résultats obtenus avec les marchés des transactions immobilières avec ceux des marchés locatifs;
- l'identification de la courbe de demande ($2^{ème}$ étape de la MPH)

Un autre élément qui nous semble aussi constituer une limite à cette recherche est le manque d'analyse qualitative. Lorsque l'on cherche à caractériser les espaces exposées au bruit, on observe souvent un cumul de nuisances, avec une partie de ces zones appartenant à des ZUS, dégradés, exposés à la pollution de l'air, mal desservis par les transports en commun, en manque de commerces de proximité, subissant de contraintes d'urbanisme : il est alors difficile d'isoler l'effet propre de la gêne ressentie à cause du bruit des avions.

Une seule approche quantitative ne permet pas de saisir finement cette réalité. Il existe une multitude de facteurs susceptibles d'expliquer l'inégalité environnementale face à l'exposition au bruit des avions. Les enquêtes, en revanche, permettront de répondre aux exigences d'une recherche qui veut déceler la complexité du processus pour s'interroger sur leur signification.

Comprendre les ressorts cachés des attitudes et les comportements de la population en matière de choix résidentiel pourraient donc constituer l'objet prioritaire du prochain travail.

Au-delà de toutes les limites que nous venons de citer, il faut cependant reconnaître quelques qualités à cette étude. Il s'agit d'une des rares études qui jette un éclairage sur la situation

d'inégalité environnementale face à l'exposition au bruit des avions en France. Aussi, elle est la seule recherche, à notre connaissance, qui vise à comparer plusieurs aéroports se trouvant dans des contextes différents. C'est aussi, à notre connaissance, la seule approche combinant objectif scientifique et opérationnelle.

Une des qualités les plus importantes de cette étude se trouve également, à notre avis, dans l'approche pluridisciplinaire adoptée pour étudier le phénomène d'inégalité environnementale.

Par ailleurs, cette recherche pourrait, outre sa contribution aux études empiriques dans son domaine, s'avérer une contribution aux aides aux décision des acteurs politiques des pays dans le cadre de l'élaboration de politiques de réduction ou de maîtrise de nuisances sonores aériennes. Les méthodologies développées dans le cadre de la thèse est transférable dans d'autres risques environnementaux, notamment le bruit du transport routier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alayrac, M. (2009). *Indicateurs de gêne sonore pour l'étude de l'impact du bruit d'un site industriel : caractérisation physique et perceptive*. Thèse : Acoustique. Lyon : Ecole Centrale de Lyon – Université Claude Bernard-Lyon 1 – INSA Lyon, 227 p.

Anselin, L (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Springer, Berlin.

Anselin, L. (2003). "Spatial Externalities, Spatial Multipliers, and Spatial Econometrics", *International Regional Science Review*, 26 (2), 153- 166.

Anselin, L., Can, A. (1986). "Model comparison and model validation issues in empirical work on urban density models", *Geographical Analysis*, 18, 179-197.

Anselin, L., Florax, R. (1995). "Small sample properties of tests for spatial dependence in regression model", in L Anselin et R. Florax (Eds.), *New Directions in Spatial Econometrics*, Springer, Berlin, 21-74.

Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Cadum, E., Katsouyanni, K., Velonakis, M., et al. (2009). "Annoyance due to aircraft noise has increased over the years- results of the HYENA study". *Environ Int* ; 35(8), 1169-76.

Baranzini, A., Schaerer, C., Ramirez, J.V., Thalmann, P. (2006). *Feel it or measure it: perceived vs. Measured noise in hedonic models*. Geneva, CHE: Geneva School of Business Administration, working paper.

Baranzini, A., Ramirez, J., Schaerer, C., Thalmann P. (eds) (2008). *Hedonic methods in housing markets: pricing environmental amenities and segregation*. Springer: Science and Business Media, LLC**,** 278p.

Baranzini, A., Ramirez, J.V. (2005). "Paying for quietness: the impact of noise on Geneva rents", *Urban Studies*, 42, pp. 633-646.

Bateman, I., Turner, R.K., Bateman, S. (2005). *Extending cost-benefit analysis of UK highway proposals: environmental evaluation and equity*. Norwich, UK: University of East Anglia, working paper.

Bateman, I.J., Day, B., Lake, I., Lovett, A. (2001). *The effect of road traffic on residential property values: a literature review and hedonic pricing study*. Report for the Scottish Executive, University of East Anglia, Economic & Social Research Council. University College, London.

Bateman, I.J., Day, B.H., Lake, I. (2004). *The valuation of transport-related noise in Birmingham. Norwich*, UK: University of East Anglia, working paper.

Been, V. (1995). "Analyzing evidence of environmental justice", *Journal of Land Use Environmental Law*, 11, pp. 1-37.

BIPE/BVA (2004). Analyse de l'impact du bruit des avions sur la valeur des logements dans les communes proches de Paris - Charles de Gaulle, in Commission des comptes des transports de la Nation (2007), Les comptes des transports en 2006, (tome 2). Les dossiers d'analyse économique des politiques publiques des transports.

Boiteux, M. (2001). *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*. Commissariat Général du Plan, Paris : La Documentation française. 323 p.

Bonnieux, F., Desaigues, B. (1998). *Economie et politique de l'envir*onnement. Paris : Dalloz. 328 p (Précis Sciences Economiques)

Bonnieux, F., Point, P. (2004). Approche économique d'une gestion multi-usage de la ressource en eau : application au cas des rivières impliquant l'usage hydroélectrique [en ligne]. Bilan du Programme, 71p, disponible sur : http://www.rennes.inra.fr/economie/pdf/BilanRapp.pdf

Bréchet, T. , Gérard, A. , Mion, G. (2009). « Une évaluation objective des nuisances subjectives de l'aéroport de Bruxelles-National », *Regards économiques* [en ligne], n°.66 (Février) (page consultée le 08/05/2012) http://www.regards-economiques.be/images/reco-pdf/reco_77.pdf

Thierry Brossard, Daniel Joly, François-Pierre Tourneux, Jean Cavailhès, Mohamed Hilal, Pierre Wavresky, Julie Le Gallo, Ghislain Géniaux, Claude Napoleone, Hubert Jayet, Nicolas Ovtracht et Pierre-Yves Péguy, « La valeur économique des paysages des villes périurbanisées », *Économie publique/Public economics*[En ligne], 20 | 2007/1, mis en ligne le 12 mars 2008, consulté le 13 octobre 2012. URL : http://economiepublique.revues.org/7202

BruitParif (2013). Volet 3 du projet SURVOL : Système d'Information Géographique développé en vue du croisement des caractéristiques socio-économiques des populations et des données environnementales (air, bruit) autour des grandes plateformes aéroportuaires franciliennes [en ligne], (page consultée le 15/12/2014) http://www.bruitparif.fr/sites/default/files/Note_synthese_volet3_SURVOL.pdf

Can, A. (1990). "The measurement of neighborhood dynamics in urban house prices", *Economic Geography*, 66, 254-272.

Can, A. (1992). "Specification and estimation of hedonic housing price models", *Regional Science and Urban Economics*, 22, 453-474.

Cavailhès, J (2005). « Le prix des attributs du logement ». *Economie et statistique*, 381-382, pp 91-123.

CERTU (2005). « Méthodes d'estimations de population : Comparaisons et seuils de validité » [en ligne]. Disponible sur : http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/579/CERTU_1081T1.pdf?sequence=1

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. Université de Pau, Pau.

Cohen De Lara, M., Dron, D. (1997). *Evaluation économique et environnement dans les décisions publiques : rapport au ministre de l'environnement*. Paris : La Documentation française. 146 p.

Cohen, J.P., Coughlin, C.C. (2006). *Spatial Hedonic Models of Airport Noise, Proximity, and Housing Prices.* Federal Reserve Bank of St. Louis: Working Paper, 026C

Commission des comptes et de l'économie de l'environnement (2008). *Aspects sociaux des politiques environnementales : Contribution aux études empiriques*. (Rapport). Paris : La documentation française. 118p.

Conférence européenne des ministres des transports (CMET) (1999). *Des transports efficients pour l'Europe : politiques pour l'internalisation des coûts externes*. Paris : les édictions de l'OCDE. 289 p.

Cropper, M., Deck, L.et McConnell, K. (1988). « On the choice of functional form for hedonic price functions", *The Review of Economics and Statistics*, 70(4), pp. 668–675.

Cutter, S. L., Holm, D. and Clark, L. (1996). "The role of geographic scale in monitoring environmental justice", *Risk Analysis*, 16(4), pp. 517–526.

Day, B. (2003). *Submarket identification in property markets: a hedonic housing price model for Glasgow*. Norwich, UK: University of East Anglia, working paper.

Day, B., Bateman, I., Lake, I. (2006). *Hedonic price analysis of road traffic noise nuisance. In: Pearce D (ed) Environmental Valuation in Developed Countries*. Cheltenham, UK: Elgar.

Day, B., Bateman, I., Lake, I. (2007). "Beyond implicit prices: recovering theoretically consistent and transferable values for noise avoidance from a hedonic property value model", *Environmental and Resource Economics,* 37, pp. 211-232.

De Vany, A., Nelson, J.P., Walters , A.A. (1977). *Cost-benefit analysis: some illustrations. In: Noise Abatement Policy Alternatives for Transportation*. Washington, DC: National Academy of Sciences, pp. 183-206.

Dekkers, J.E.C.; Willemijn van der Straaten, J. (2009). "Monetary valuation of aircraft noise: A hedonic analysis around Amsterdam airport", *Ecological Economics*, (68), 2850 2858.

Desponds, D., Bergel, P. (2014*).* « La mauvaise réputation ». Distance aux ZUS et prix de l'immobilier : application d'un modèle hédonique à six intercommunalités franciliennes », Cybergeo : European Journal of *Geography* [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 673, mis en ligne le 16 avril 2014, (page consultée le 28 mai 2015) http://cybergeo.revues.org/26283 ; DOI : 10.4000/cybergeo.26283

DGAC (2004). Origine du bruit des avions [en ligne], (page consultée le 27/05/2014) **h**ttp://www.bruitparif.fr/sites/forum-des-acteurs.bruitparif.fr/files/ressources/DGAC%20%20Article%20Origine%20du%20bruit%20des%20avions%20-%202004.pdf

Directive 2002/49/CE du parlement européen et du conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. Journal officiel des Communautés européennes.

Dubé, J. (2010). *Vers une approche spatio-temporelle pour la modélisation des prix hédoniques : Une application à la région de Québec, 1986-2004*. Thèse de doctorat : Aménagement du territoire et Développement Régional. Québec : Université de Laval, 186 p. Disponible sur : http://www.irec.net/upload/File/memoires_et_theses/133_Th%C3%83%C2%A8se_JeanDub%C3%83%C2%A9.pdf

EEA (2010).*Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. EEA Technical report , n°11, 36p.

Eloi, L. (2009). « Écologie et inégalités », *Revue de l'OFCE* [en ligne], 109 (avril 2009) (page consultée le 18/05/2014) http://www.inegalites.fr/IMG/pdf/Ecologie_et_inegalites.pdf

EMIS. Défavorisaiton matérielle et sociale 2001 et 2006 [en ligne] (page consultée le 01/04/2015). http://emis.santemontreal.qc.ca/outils/atlas-sante-montreal/caracteristiques-dela-population/defavorisation-materielle-et-sociale-2006/

Faburel G. (coord.), Chatelain F., Gobert J., Lévy L., Manola Th., Mikiki F. et Zegagh D., (2006). *Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens. Tome 1 : Etat des savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d' environnement*. Rapport final du CRETEIL pour l'ACNUSA, ADP et la DGAC, Mai, 158 p.

Faburel, G. (2001). Le bruit des avions: évaluation du coût social. Entre aéroport et territoires. Paris : Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (septembre). 352p.

Faburel, G. (2003). « Le bruit des avions, facteur de révélation et de construction des territoires », *L'Espace Géographique***,** 3, pp. 205-223.

Faburel, G. et Maleyre, I. (2007). « Le bruit des avions comme facteur de dépréciations immobilières, de polarisation sociale et d'inégalités environnementales. Le cas d'Orly ». *Développement durable et territoires* [en ligne], Dossier 9 : inégalités écologiques, inégalités sociale, (page consultée le 18/01/2010) http://developpementdurable.revues.org/2775.

Faburel, G. , Barraqué, B. (2002). *Les impacts territoriaux du bruit des avions. Le cas de l'urbanisation à proximité de Roissy CDG. Ne pas évaluer pour pouvoir tout dire, et son contraire*. Rapport final du CRETEIL, pour l'ADEME, dans le cadre du programme Concertation, Décision et Environnement du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (mars). 43 p.

Fauvet, L. (2008). « Prix des logements anciens : les déterminants liés aux biens et la négociation » [en ligne], (page consultée le 02/02/2012) http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0061/Temis-0061122/NS_169_3.pdf

Fidell, S. (2003). "The Schultz curve after 25 years: a research perspective", *Journal of the Acoustical Society of America* , 114, pp. 2007-2015.

Fidell, S., Mestre, V., Schomer, P., Berry, B., Gjestland, T., Vallet, M., Reid,T. (2011). "A first principles model for estimating the prevalence of annoyance with aircraft noise exposure", *The Journal of the Acoustical Society of America,* 130(2), pp. 791-806.

Florax, R., Folmer, H. (1992). "Specification and estimation of spatial linear regression models", *Regional Science and Urban Economics*, 22, pp. 405-432.

Gobert J. (2008). « Compensation territoriale, justice et inégalités environnementales aux Etats-Unis », *Espace populations sociétés* [en ligne], (mis en ligne le 01 juin 2010, consulté le 26 mai 2015) http://eps.revues.org/2384

Goodman, A.C., Thibodeau, T.G. (1998). "Housing market segmentation", *Journal of Housing Economics*, 7, pp. 121-143.

La Revue du CGDD. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Grangeaon, D. (2010). « Analyse et pistes de révision des valeurs tutélaires environnementales utilisées dans les bilans socio-économiques de projets d'infrastructures de transport ». In : *Donner une valeur à l'environnement : la monétarisation, un exercice délicat mais nécessaire, Fondamentaux et méthodologie, Cas d'application, Les limites, les manques, les approfondissements*. Commissariat Général du Développement Durable. La revue du CDGG, pp. 41-52

Griffith, D.A. (1981). "Modelling urban population density in a multi-centered city", *Journal of Urban Economics*, 9, pp. 298-310.

Guski, R. (1999). "Personal and social variables as co-determinants of noise Annoyance", *Noise Health*, 1, pp.45–56.

Harner, J., Warner, K., Pierce, J., Huber , T. (2002). "Urban environmental justice indices », *The Professional Geographer*, 54(3), pp. 318-331.

HCSP (2013). *Indicateurs de suivi de l'évolution des inégalités sociales de santé dans les systèmes d'information en santé*. Rapport, juin, 54 p.

He, Q. (2010). Development of an income-based hedonic monetization model for the assessment of aviation-related noise impacts. Master of Science: Aeronautics and Astronautics. Massachusetts Institute of Technology,140 p.

INRETS (2009). *Les nuisances environnementales des transports : résultats d'une enquête nationale* (rapport), n° 278, 126 p.

INSEE. Recensement de la population [en ligne] (page consultée le 23/09/2014) http://insee.fr/fr/bases-dedonnees/default.asp?page=recensement/resultats/2011/donnees-detailleesrecensement-2011.htm

ISO/TS 15666:2003. « Évaluation de la gêne causée par le bruit au moyen d'enquêtes sociales et d'enquêtes socio-acoustiques »

Jayet, H. (2001). « Econométrie et données spatiales : une introduction à la pratique ». *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, 58-59, 106-129.

Jud, G.D., Winkler, D.T. (2006). "The announcement effect of an airport expansion on housing prices", *Journal of Real Estate Finance and Economics* ,33, pp. 91-103.

Kail, M.; Lambert, J. ; Quinet, E. (1999). *Evaluer les effets des transports sur l'environnement : le cas des nuisances sonores* (rapport CADAS N°16). Paris : Technique et documentation. 81 p.

Kroesen, M.; Monil, E.J.E.; Van Wee, B. (2010). "Testing a theory of aircraft noise annoyance: A structural equation analysis", *Acoustical Society of America*, 123 (6), 4250–4260.

Kruize, H. (2007). *On environmental equity – exploring the distribution of environnemental quality among socio-economic categories in the Netherl*ands. Pays-Bas: Copernic institute, Utrecht. 219 p.

Labbe, E. , Moulin,.J., Sass, G.C., Chatain, C., Gerbaud, L. (2007). « Un indicateur de mesure de la précarité et de la « santé sociale » : le score EPICES », *La Revue de l'Ires*, 1 (53), 3-49

Laigle L., Oehler V., (2004). Les enjeux sociaux et environnementaux du développement urbain : la question des inégalités écologiques (rapport exploratoire rédigé pour le compte du PUCA – MELT). Paris : Centre scientifique et technique du bâtiment. 100 p.

Lalloué, B. (2013). Méthodes d'analyse de données et modèles bayésiens appliqués au contexte des inégalités socio-territoriales de santé et des expositions environnementales. Thèse e doctorat : Mathématiques. Nancy : Université de Lorraine, 257 p.

Lambert, J. (2005). *L'impact du bruit des avions sur le marché immobilier : État des connaissances et études envisageables.* Rapport préparé à la demande de l'ODESA

Lancaster,K.J (1966 :). « New Approach to Consumer Theory"., *The Journal of Political Economy*, 74 (2), pp. 132-157.

Laurian, L. (2008). « La distribution des risques environnementaux : méthodes d'analyse et données françaises », Institut national d'études démographiques (INED), *Population*, 4 (63), pp. 711 – 729.

Le Gallo, J. (2000). « Économétrie spatiale : autocorrélation spatiale », *Économie et Prévision*, n°2000-05.

Letombe G., Zuindeau B., 2001. « L'impact des friches industrielles sur les valeurs immobilières : une application de la méthode des prix hédoniques à l'arrondissement de Lens (Nord - Pas-de-Calais) », *Revue d'économie régionale et urbaine*, 4, pp. 605-624.

Levesque, T. (1994). "Modelling the effects of airport noise on residential housing markets: a case study of Winnipeg International Airport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(2), pp. 199–210.

Levinson, D.M., Gillen, D. (1998). "The full cost of intercity highway transportation", *Transportation Research D* , 3, 207-223.

Liu F. (1997). “Dynamics and causation of environmental equity, locally unwanted land uses, and neighborhood changes”, *Environmental Management,* 21, pp. 643-656.

Liu, F. (2000). *Environmental Justice Analysis: Theories, Methods, and Practice*. Boca Raton, FL: CRC Press.384 p.

Loi n°85-696 du 11 juillet 1985 relative à l'urbanisme au voisinage des aérodromes [en ligne], (page consultée le 27/05/2014) http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000317297

Maleyre, I. (1997). « L’approche hédonique des marchés immobiliers », *Etudes foncières*, 76, pp. 22-29.

Martinez, M. (2001). *L’impact des nuisances sonores de l’aéroport de Roissy CDG sur le marché foncier et l’immobilier. Approche exploratoire*. Association des Etudes Foncières, Rapport pour l’European Airport Project COFAR, et la Ville de Tremblay-en-France, 30 p

McMillen ,D.P. (2004). “Airport expansions and property values: the case of Chicago OHare Airport”, *Journal of Urban Economics*, 55, pp. 627-640.

Miedema, H.M.; Oudshoorn, C.G. (2001). “Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals”, *Environmental Health Perspectives*,109(4), 409-416.

Miedema, H.M.E. (2007). “Annoyance Caused by Environmental Noise: Elements for Evidence-Based Noise Policies”, *Journal of Social Issues,* 63(1), pp. 41–57.

Ministère de l’Écologique et du Développement durable (MEDD) (2005). *Les inégalités écologiques en milieu urbain* (rapport de l’Inspection générale de l’environnement : rédigé par Diebolt W., Hellias A., Bidou D., Crepey G.). Paris : ministère de l’Écologie et du Développement durable. 68 p.

Morrison, S.A., Winston , C., Watson, T. (1999). « Fundamental flaws of social regulation: the case of airplane noise", *Journal of Law and Economics*, 42, 723-743.

Most, M.T., Sengupta, R. and Burgener, M. A. (2004). "Spatial scale and population assignment choices in environmental justice analyses", *The Professional Geographer*, 56(4), pp. 574–586.

Navrud, S. (2002). *The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise*. Oslo: Agricultural University of Norway, Final Report to the European Commission.

Nelson, J.P. (1980). "Airports and property values: a survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy,* 14, pp.37-52.

Nelson, J.P. (2004). "Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects", *Journal of Transport Economics and Policy*, 38, pp. 1-27.

Nelson, J.P. (2008). Hedonic *Property Value Studies of Transportation Noise: Aircraft and Road Traffic*. Department of Economics: Pennsylvania State University, 29p.

Nijland, H.A., Van Kempen, E.E.M.M., Van Wee, G.P., Jabben, J. (2003). "Costs and benefits of noise abbatement measures", *Transport Policy* ,10, pp.131-140.

Ogneva-Himmelberger, Y., Cooperman, B. (2008). "Spatio-temporal Analysis of Noise Pollution near Boston Logan Airport: Who Carries the Cost?",*Urban Studies,* 47 (1), pp. 169-182.

ONPES (2000). Rapport, décembre. Paris : La documentation française.126 p.

Palmquist, R. (1992). "Valuing localized externalities", *Journal of Urban Economics*, 32, pp. 40-44.

Pampalon, R., Hamel, D., Gamache, P., Raymond, G. (2009). "A deprivation index for health planning in Canada", *Chron Dis Can*, 29, pp. 178-91.

Parlement européen, Direction générale des politiques internes département thématique a: politiques économiques et scientifiques (2012). *Vers une stratégie globale en matière de bruit*. Bruxelles : Union européenne. 111 p

Pearce, B. , Pearce, D. (2000). *Setting Environmental Taxes for Aircraft: A Case Study of the UK* [en ligne], CSERGE Working Paper GEC, 26, (page consultée le 10/04/2011) http://cserge.ac.uk/sites/default/files/gec_2000_26.pdf

Pearce, D., Atkinson, G., Mourato, S. (2006). *Analyse coûts-bénéfices et environnement: Développement récent*. Paris : OCDE. 351 p.

Pope, J.C. (2008). "Buyer information and the hedonic: the impact of a seller disclosure on the implicit price for airport noise", *Journal of Urban Economics*, 63 (2), pp. 498-516.

Pornet, C., Delpierre, C., Dejardin, O., Grosclaude, P., Launay, L., Guittet, L., Lang, T., Launoy, G. (2012). "Construction of an adaptable European transnational ecological deprivation index: the French version", *J Epidemiol Community Health*, Apr 27. Epub ahead of print.

Püschel, R. ; Evangelinos, C. (2009). "Airport Noise at Düsseldorf International Airport: The Effects of Noise Emissions on the Local Residential Property Market"[en ligne], (page consultée le 27/05/2015) http://indico.conferences.dtu.dk/getFile.py/access?contribId=130&sessionId=111&resId=0&materialId=paper&confId=40

Rey, G., Rican, S., Jougla, E. (2009). « Mesure des inégalités de mortalité par cause de décès : Approche écologique à l'aide d'un indice de désavantage social » [en ligne], (page consultée le 15/05/2015)http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=6857

Rich, J.H., Nielsen, O.A. (2004). "Assessment of traffic noise impacts", *International Journal of Environmental Studies*, 61, pp. 19-29.

Rosen, S. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, 82 (1), pp. 34-55.

Roy, A. (2006). « Les inégalités environnementales ». In : Institut Français de l'environnement (IFEN). *L'environnement en France*.Les synthèses, IFEN, 419-428.

Salvi, M.(2009). *Assessing Airport Noise, Demand for Quietness and Land-Structure Substitution: Three Applications of the Hedonic Model in Switzerland*.Thèse: Science. Suisse : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 94p.

Schipper, Y. (2004). « Environmental costs in European aviation », *Transport Policy*, 11, pp. 141-154.

Schipper, Y., Nijkamp, P., Rietveld, P. (1998). "Why do aircraft noise estimates differ? A meta-analysis", *Journal of Air Transport Management*, 4, pp. 117-124.

Schultz, T.J. (1978). "Synthesis of social surveys on noise annoyance", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(2), pp. 377-405.

SEDES (1978). *Effets du bruit sur le prix de l'immobilier dans la région d'Orly*. Haut Comité de l'Environnement, Comité Bruit et Vibrations, 38 p.

Salvi, M. (2009). *Assessing Airport Noise, Demand for Quietness and Land-Structure Substitution: Three Applications of the Hedonic Model in Switzerland*. Thèse de doctorat: Sciences. Suisse: École polytechnique fédérale de Lausanne, 92 p. Disponible sur : http://infoscience.epfl.ch/record/128123/files/EPFL_TH4236.pdf

Starkie, D., Johnson, D. (1975). The *economic value of peace and quiet*. London : Saxon house.

Szasz , A., Meuser , M. (1997). "Environmental inequalities: Literature review and proposal for new directions in research and theory", *Current Sociology*, 45(3), 100-120.

Taquino, M., Parisi, D., Gill, D. (2002). “Unit of analysis and the environmental justice hypothesis: The case of industrial hog farms” , *Social Science Quarterly,* 83(1), 298-316.

Taylor, L.O. (2003). “The Hedonic Method”, in Champ, P.A., Boyle, K.J. et Brown, T.C. (eds), *Primer on Nonmarket Valuation,* Kluwer Academic Publishers.

Terra, S. (2005). *Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des prix hedoniques*. Serie méthode 05-m01.

Townsend, P. (1987). “Deprivation”. *Journal of Social Policy* , 16 (02), April , pp. 125-146

Travers, M. (2007). *Méthode des prix hédoniques et évaluation des actifs environnementaux : application au cas du littoral.* Thèse de doctorat: Sciences économiques. Brest : Université de Bretagne Occidentale. 452 p.

Uyeno, D., Hamilton ,S.W., Biggs, A.J.G. (1993). “Density of Residential Land Use and the Impact of Aircraft Noise”. *Journal of Transport Economics and Policy,* XXVII (1), January.

Van Kempen, E.M., Van Kamp, I (2010). *Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships.* Report 01/2005 MGO EvK.Reference 00265/2005.

Walters, A.A. (1975). *Noise and prices*. Clarendon Press, Oxford University Press.

Wilhelmsson, M .(2005). “Valuation of traffic-noise abatement”. *Journal of Housing and the Built Environment*, 20, 129-151.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Les mesures de restriction des nuisances sonores autour des aéroports étudiés

PARIS – ORLY	
Décision du 4 août 1968	Couve feu entre 23h 30 et 6h
Arrêté du 6 octobre 1974	Limite à 250 000 le nombre de créneaux horaires attribuables annuellement, tout en confirmant le maintien d'un couvre-feu total entre 23h30 à 6h
Arrêté du 18 février 2003	Instaure des volumes de protection environnementales à respecter au départ et à l'arrivé de l'aéroport.
ROISSY – CDG	
Arrêté du 17 décembre 1997 modifié le 31 août 1999	Interdit, la nuit, de 23 h30 à 6h, tout mouvement d'avions du chapitre 2 ainsi que les essais de moteurs. Impose des procédures particulières de décollage aux avions munis d'atténuateurs de bruit. Procédure généralisées à tous les avions en 1999.
Arrêté du 18 juin 1998	Impose aux compagnies une réduction des émissions sonores des avions relevant du chapitre 2. Cette mesure, a fixé une diminution de plus de 15% en 1998, majorée de 20% pour chacune des années suivantes, jusqu'en 2002, dans le but de ne pas dépasser le niveau global de bruit émis au cours de l'année 1997.
Arrêté du 2 août 2001	Les appareils certifiés du chapitre 3 les plus bruyants ne peuvent pas atterrir entre 23h30 et 6h15 ni décoller entre 23h15 et 6h. des dispositions transitoires permettent de mettre progressivement en œuvre l'arrêté, pour arriver à une réduction totale, à l'horizon 2004, en période nocturne.
Arrêté du 17 octobre 2002 reconduit le 16 mai 2003	Interdit tour nouveau vol entre minuit et 5h00, pour les saisons aéronautiques de l'hiver 2002 – 2003, de l'été 2003 et pour la saison de l'hiver 2003 – 2004.
Arrêté du 28 janvier 2003	Instaure des volumes de protection environnementale à respecter au départ et à l'arrivée de l'aéroport.
Arrêté du 8 septembre 2003	Restriction d'exploitation des avions les plus bruyants du chapitre 3.
Arrêté du 6 novembre 2003	Attribution de créneaux horaires, la nuit, sur l'aérodrome : 22 500 créneaux horaires pour 52 semaines entre 2003 – 2004, entre minuit et 4h59 pour les départs et 0h30 et 5h20 pour les arrivées.
AEROPORT DE PARIS-LE-BOURGET	
Arrêté du 31 août 1999 modifiant l'arrêté du 17 décembre 1997	Restriction d'usage de l'aérodrome de Paris - Le Bourget :
Arrêté du 15 février 2011	restriction d'exploitation de l'aérodrome de Paris - Le Bourget. : Interdit les avions à hélices de masse maximale au décollage certifiée supérieure à 9000 kilogrammes, non conforme aux normes du chapitre 3, d'atterrir entre 23 h 30 et 6 h 15, et de décoller entre 23h15 et 6h00.

	Interdit les avions équipés de turboréacteurs de décollage, entre 22 h 15 et 6 heures. Interdit des avions équipés de turboréacteurs, non conforme aux normes du chapitre 3, d'atterrir entre 23 h 30 et 6 h 15.
LYON SAINT – EXUPÉRY	
Arrêté d'exploitation du 10 septembre 2003	Interdit la nuit, de 22 h 45 à 6 h 15, les mouvements d'avions "chapitre 3 les plus bruyants" ainsi que l'utilisation à l'atterrissage des inverseurs de poussée et de pas des hélices entre 22 heures et 6 heures, au-delà du ralenti que pour des raisons opérationnelles et de sécurité.
Arrêté d'exploitation du 30 juin 2006	Interdit la nuit de 22 heures à 6 h 15, les mouvements d'avions "chapitre 3 les plus bruyants".
AÉROPORT DE TOULOUSE-BLAGNAC	
Arrêté du 21 mars 2003	Art.1 : aucun des aéronefs les plus bruyants du chapitre 3[63] ne peut atterrir entre 22 heures et 6 heures ou décoller entre 22 heures et 6 heures Sous les mêmes réserves et dans la même plage horaire, aucun aéronef bruyant du chapitre 3 ne peut atterrir ou décoller sur l'aérodrome sauf si l'exploitant de cet aéronef peut prouver que celui-ci a été exploité sur cet aérodrome moins de cinq ans avant la date de publication du présent arrêté. Art.2 : - Les aéronefs évoluant selon les règles de vol aux instruments doivent respecter les procédures particulières élaborées en vue de limiter les nuisances sonores et portées à la connaissance des usagers par la voie de l'information aéronautique. - Les équipages doivent respecter les consignes de conduite machine des manuels d'exploitation visant à réduire au minimum l'impact sonore des atterrissages et décollages. Ces consignes doivent être conformes aux prescriptions OACI PANS-OPS, volume 1. - Les aéronefs évoluant selon les règles de vol à vue doivent respecte les consignes particulières élaborées en vue de limiter les nuisances sonores et portées à la connaissance des usagers par la voie de l'information aéronautique. Art.3 : Tous les exploitants effectuant des vols commerciaux au départ ou à l'arrivée de l'aérodrome de Toulouse-Blagnac doivent publier, dans leurs manuels d'exploitation, la classification de leurs aéronefs au regard des définitions figurant au I de l'article 1er.
Arrêté du 28 mars 2011	Aucun aéronef équipé de turboréacteurs non conforme aux normes énoncés au chapitre 3 ou au chapitre 4 ne peut atterrir entre 22h et 6h ou décoller entre 22h et 6h. Aucun aéronef équipé de turboréacteurs dont la certification acoustique répond aux normes du chapitre 3 avec une marge cumulée inférieure à 8 ou 10 EPNDB ne peut atterrir entre 22h et 00h ou décoller entre 22h et 00h. Aucun aéronef équipé de turboréacteurs dont la certification acoustique répond aux normes du chapitre 3 avec une marge cumulé inférieure à 13 EPNDB ne peut atterrir ou décoller entre 0h et 6h. Etc

[63] Aéronef bruyants du chapitre 3 désigne les aéronefs équipés de turboréacteurs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées au chapitre 3 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 de la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944 et qui présentent une marge cumulée des niveaux de bruit certifiés, par rapport aux limites admissibles définies dans ce chapitre, supérieure ou égale à 5 EPNdB et inférieure à 8 EPNdB.

ANNEXE 2 : Résultats des études de prix hédoniques sur les impacts du bruit des avions (avant 2000)

Auteur	**Année de l'étude**	**Aéroport (Pays)**	**Indice**	**% Dépréciation / décibel**
I.K. Paik	1960	N.Y. Kennedy (USA) Dallas (USA) Los Angeles (USA)	NEF	1,90 2,30 1,80
I. Price	1960-70	Boston (USA)	NEF	0,81
F.C. Emerson	1967	Minneapolis (USA)	NEF	0,58
J.F. Gautrin	1968-69	Londres Heathrow (G.B)	NNI	0,25-0,30
Roskill CTLA	1970	Londres Heathrow (G.B.)	NNI	1,0
J.P. Nelson	1970	Washington (USA)	NEF	1,06
J.P. Nelson	1970	Buffalo (USA)	NEF	0,52
J.P. Nelson	1970	Cleveland (USA)	NEF	0,29
J.P. Nelson	1970	New Orléans (USA)	NEF	0,40
J.P. Nelson	1970	St Louis (USA)	NEF	0,51
J.P. Nelson	1970	San Diego (USA)	NEF	0,74
J.P. Nelson	1970	San Francisco (USA)	NEF	0,58
O'Byrne and al.	1970	Atlanta (USA)	NEF	0,64
J.E. Blaylock	1970	Dallas	NEF	0,99
P.K. Dygert & D. Sanders	1970	San José (USA)	NNI	0,70
P.K. Dygert & D. Sanders	1970	San Francisco (USA)	NNI	0,50
A.S. De Vany	1970	Dallas (USA)	NEF	0,80
S.M. Maser and al.	1971	Rochester (USA)	NEF	0,68-0,86
A.H. Colman	1972	Englewood (USA)	NNI	0,70
P. Mieszkowski & A.M. Saper	1969-73	Toronto (Canada)	NEF	0,87-0,95
P.W. Abelson	1972-73	Sydney (Australie)	NEF	0,40-0,50
M. MacMillan and al.	1975-76	Edmonton (Canada)	NEF	0,51
J. U. Hoffmann	1977-81	Bodø (Norvège)	Leq	0,89
SEDES	1978	Paris-Orly (France)	Ip	0,4 - 0,6
G. Pennington and al.	1985	Manchester (U.K)	NNI	0,47
A. Collins & A. Evans	1985	Manchester (U.K)	NNI	0,27 - 0,53

Auteur	**Année de l'étude**	**Aéroport (Pays)**	**Indice**	**% Dépréciation / décibel**
T.J. Levesque	1985-86	Winnipeg (Canada)	NEF	1,3
W. Pommerehne	1986	Bâle (Suisse)	NNI	0,22
J.B. Opschoor	1986	Amsterdam (Pays-Bas)	NNI	0,35-0,50
A.J.G. Biggs	1987-88	Vancouver (Canada)	NEF	0,65
P.S. Tarassoff	1989-90	Montréal (Canada)	NEF	0,65
C.L. Myles	1991	Reno (USA)	LDN	0,37
H.F. Kaufman	1991-95	Reno (USA)	LDN	0,28
Y. Yamaguchi	1996	Londres Heathrow (G.B)	?	1,51
Y. Yamaguchi	1996	Londres Gatwick (G.B)	?	2,30

NNI = NEF +10 NNI = Ip - 40 (± 2) NNI = 1.667 Leq - 60 LDN = NEF + 35

Source: Adapté de Lambert, 2005

ANNEXE 3: Résultats complémentaires : cas de paris-CDG

1- Présentation des indicateurs constituant l'indice de défaveur sociale

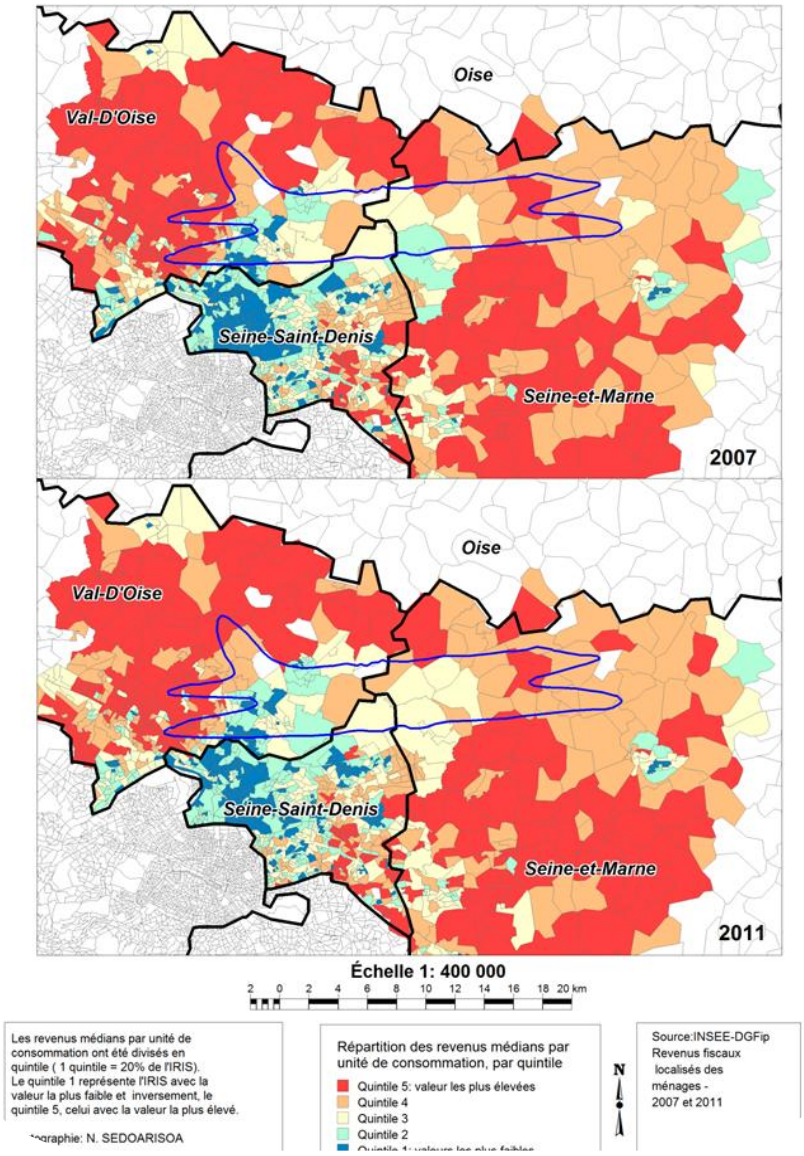


Figure 59: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

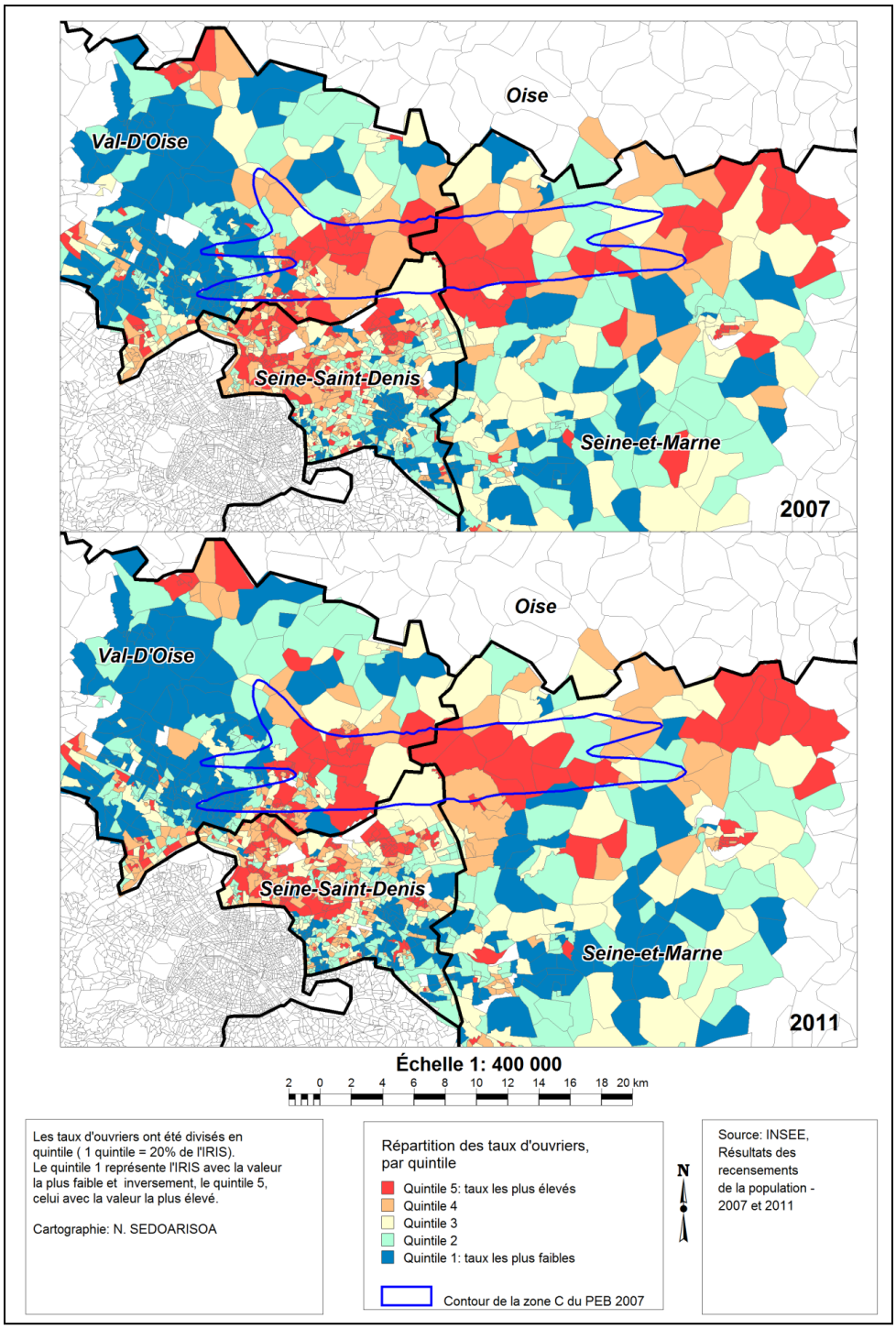


Figure 60: : Distribution spatiale du taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

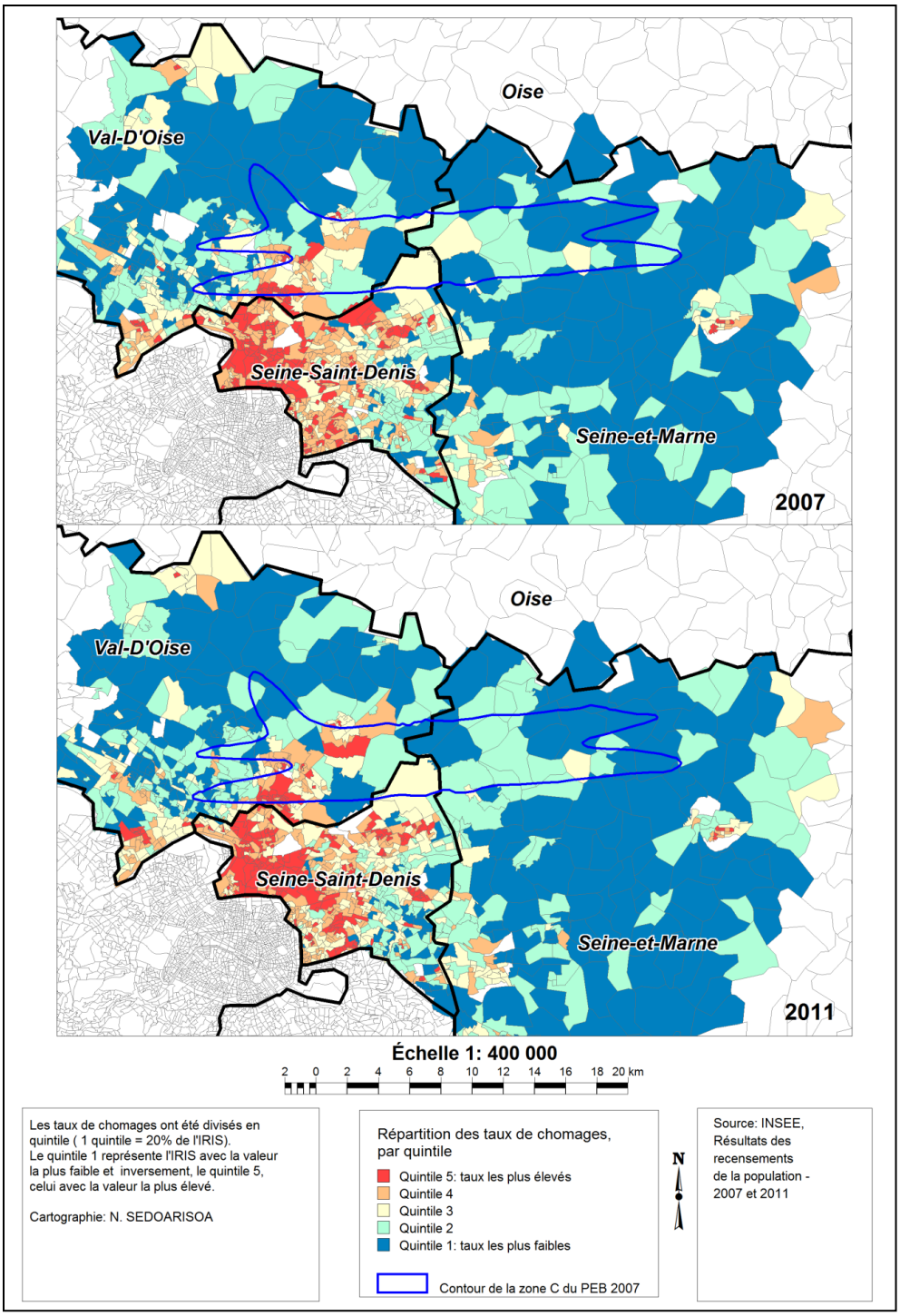


Figure 61: Distribution spatiale du taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

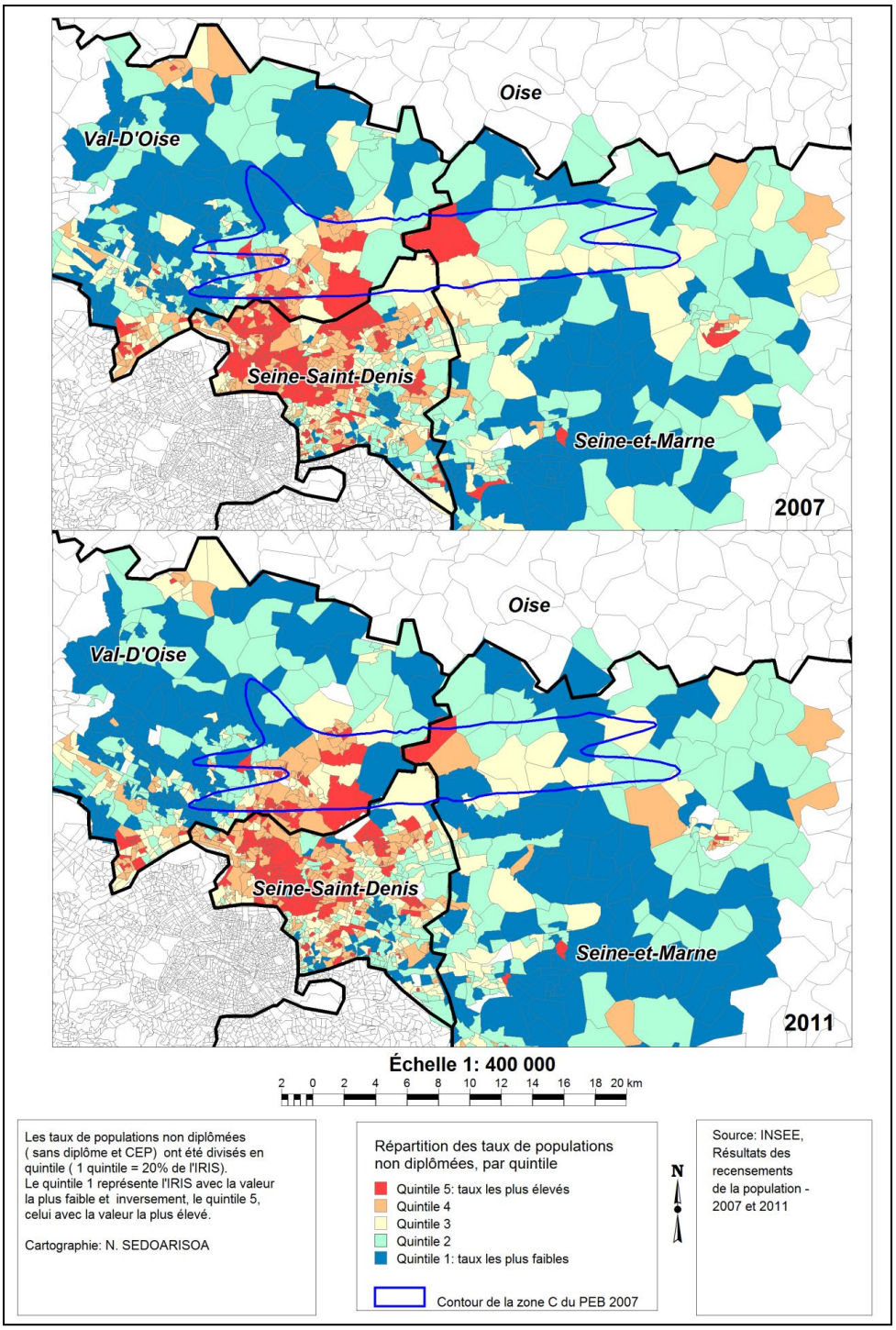
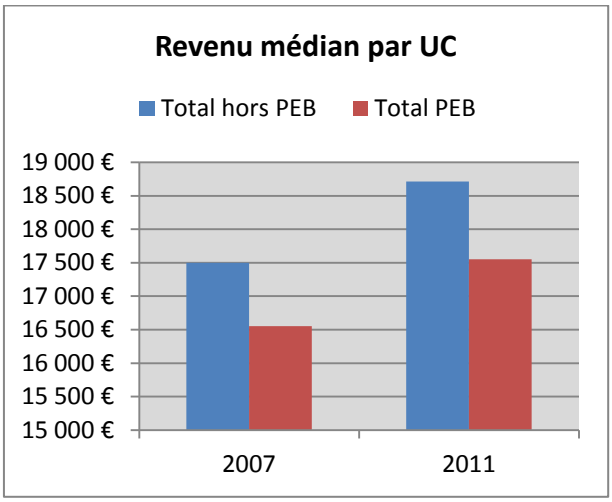
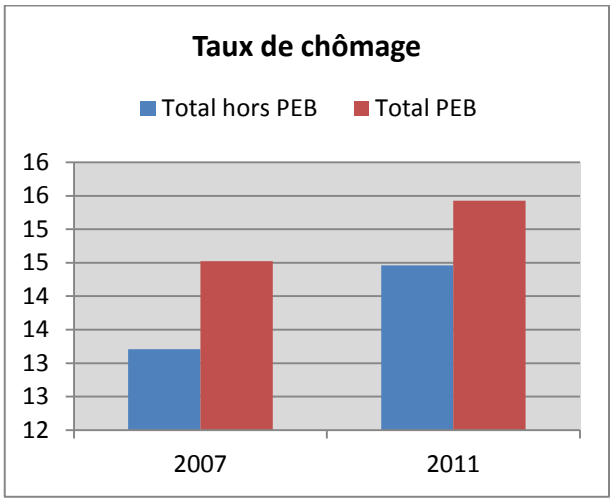
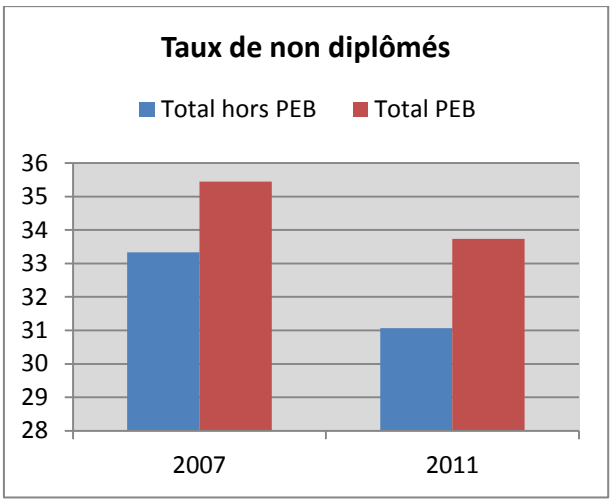


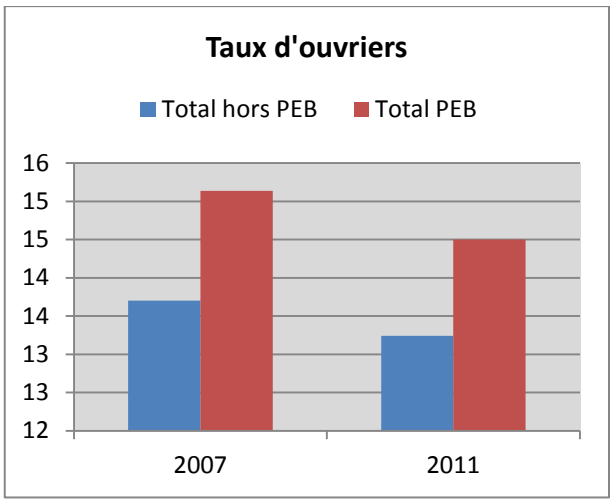
Figure 62: Distribution spatiale du taux de non diplômées en 2007 et 2011

AEROPORT DE PARIS-CDG









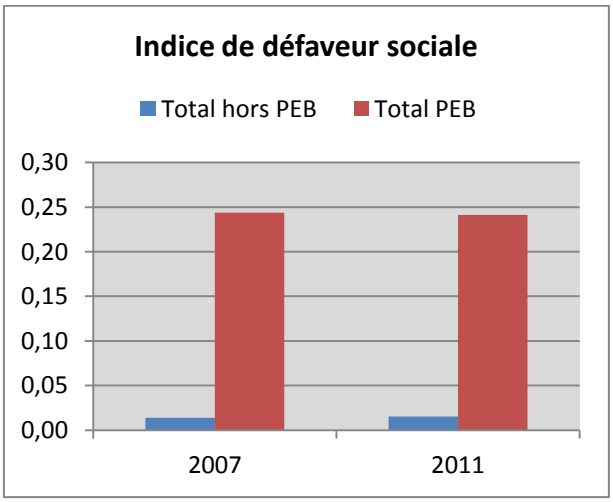


Figure: Valeurs agrégées des différents indicateurs en fonction de l'exposition au bruit et leurs évolutions entre 2007 et 2011

Source *: INSEE, Résultats des recensements de la population et INSEE-DGFip, Revenus fiscaux localisés des ménages, 2007 et 2011*

2- Caractéristiques des populations exposées au bruit et indicateurs d'inégalité environnementale autour de Paris-CDG : résultats issus des scores de défaveur sociale calculés au niveau de l'ensemble de la zone d'étude

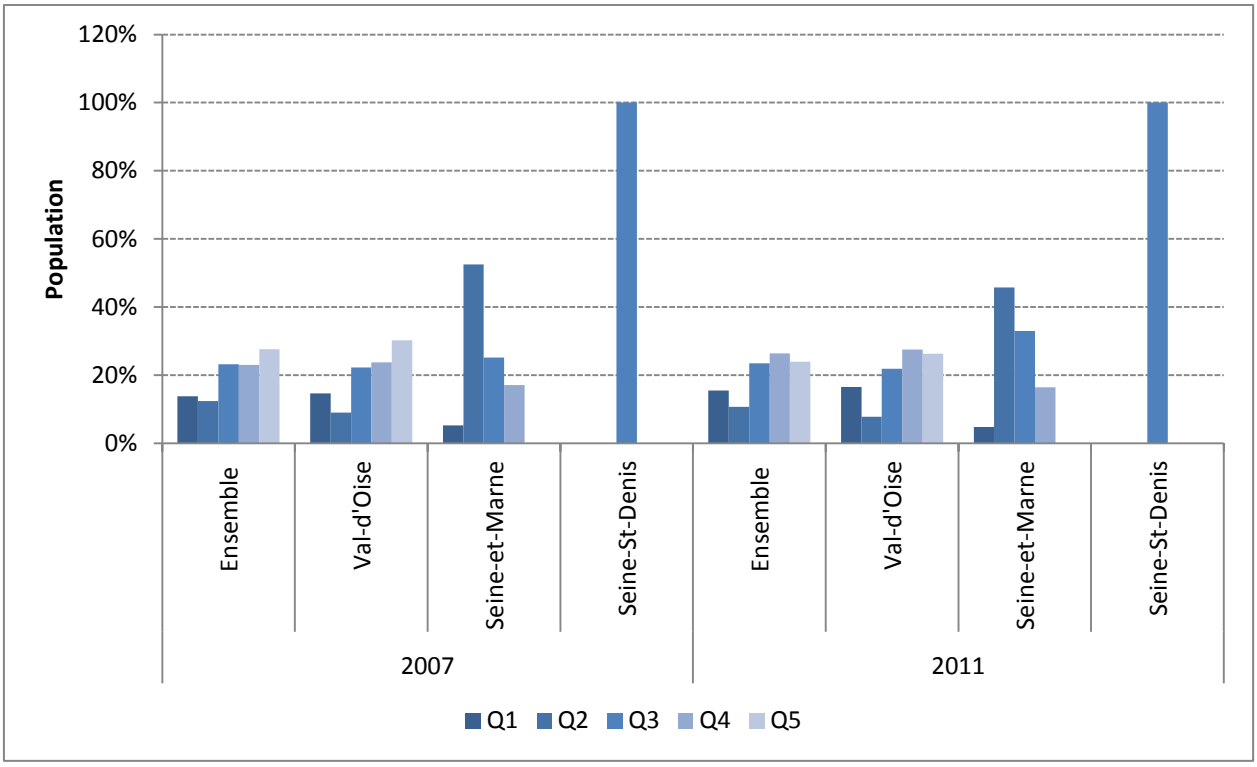


Figure 63: Pourcentage de population dans la zone exposée au bruit, selon le quintile de l'indice de défaveur sociale, en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

	Q5/Q1		TDQI	
	2007	**2011**	**2007**	**2011**
Ensemble	2,0	1,6	1,4	1,2
Val-d'Oise	2,1	1,6	3,0	2,8
Seine-et-Marne	0,0	0,0	0,0	0,0
Seine-Saint-Denis	-	-	0,0	0,0

Tableau 69: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

	Ensemble		Val-d'Oise		Seine-et-Marne		Seine-St-Denis	
	2007	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**	**2007**	**2011**
CERI Q1	0,69	0,86	0,35	0,45	0,13	0,13		-
CERI Q1 et Q2	0,56	0,56	0,30	0,31	0,64	0,46	-	-
CERI Q3	1,19	1,19	1,21	1,24	1,15	1,84	-	-
CERI Q4 et Q5	1,48	1,47	2,71	2,63	2,06	1,77	-	-
CERI Q5	1,45	1,26	2,65	2,44	0,00	0,00	-	

Tableau 70: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG

ANNEXE 4 : Résultats complémentaires: cas de Paris-Orly

1- Présentation des indicateurs constituant l'indice de défaveur sociale : cas de Paris-Orly

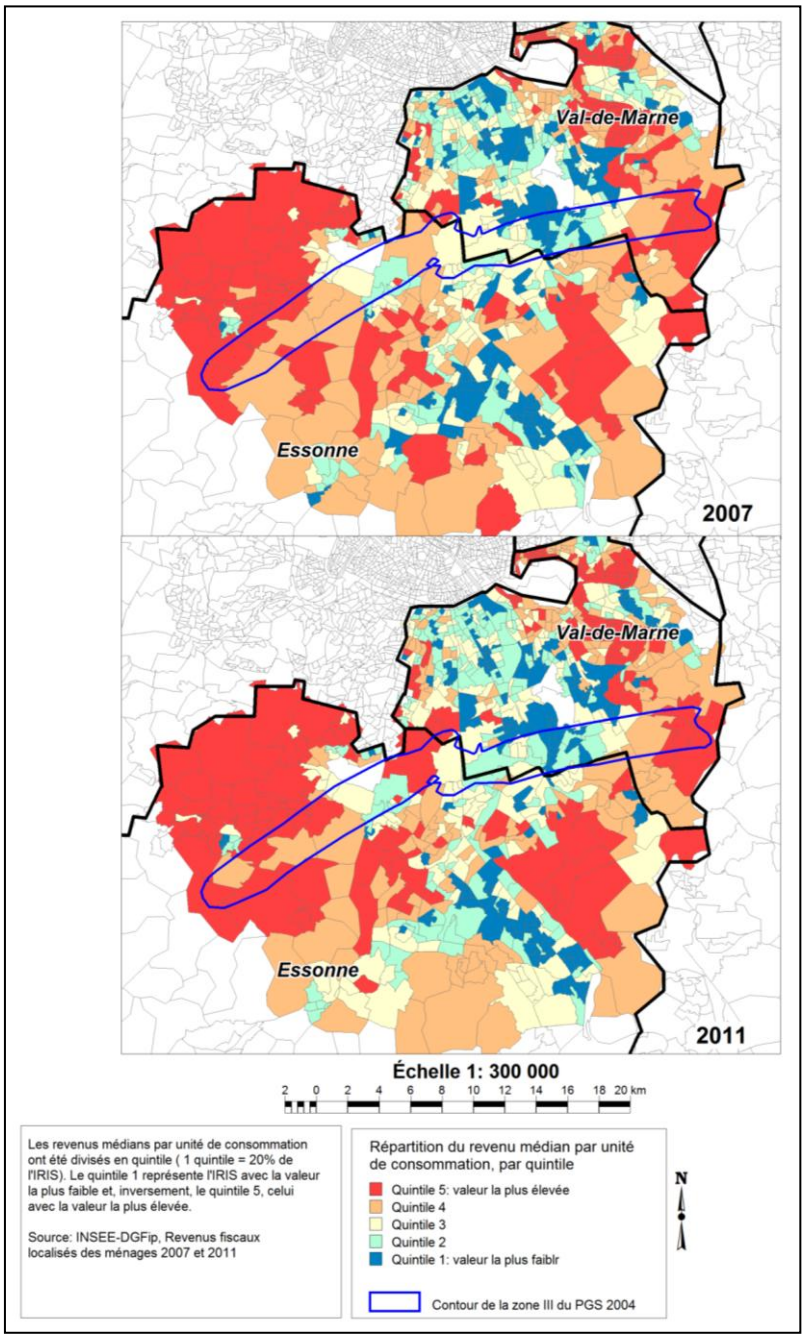


Figure 64: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

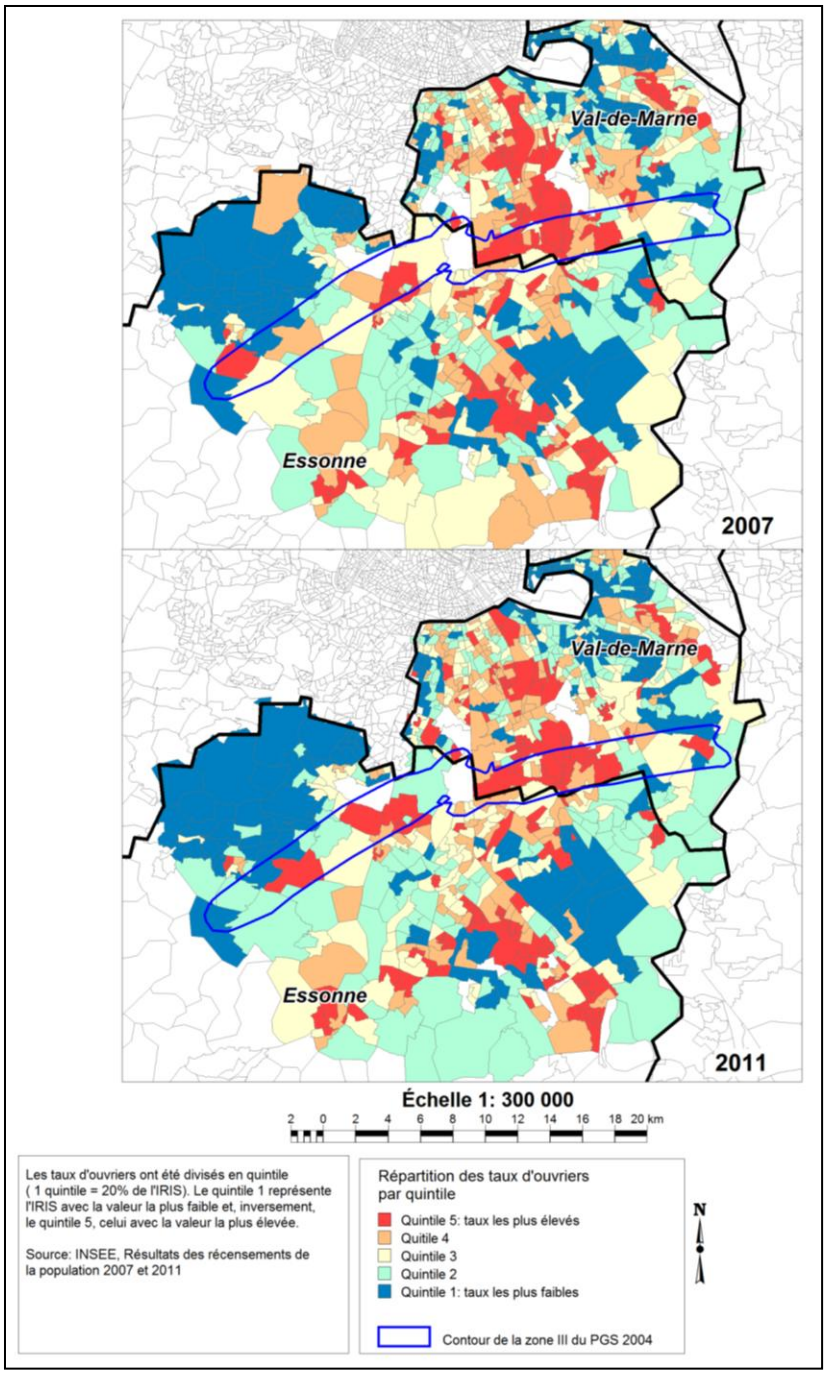


Figure 65: Distribution spatiale des taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

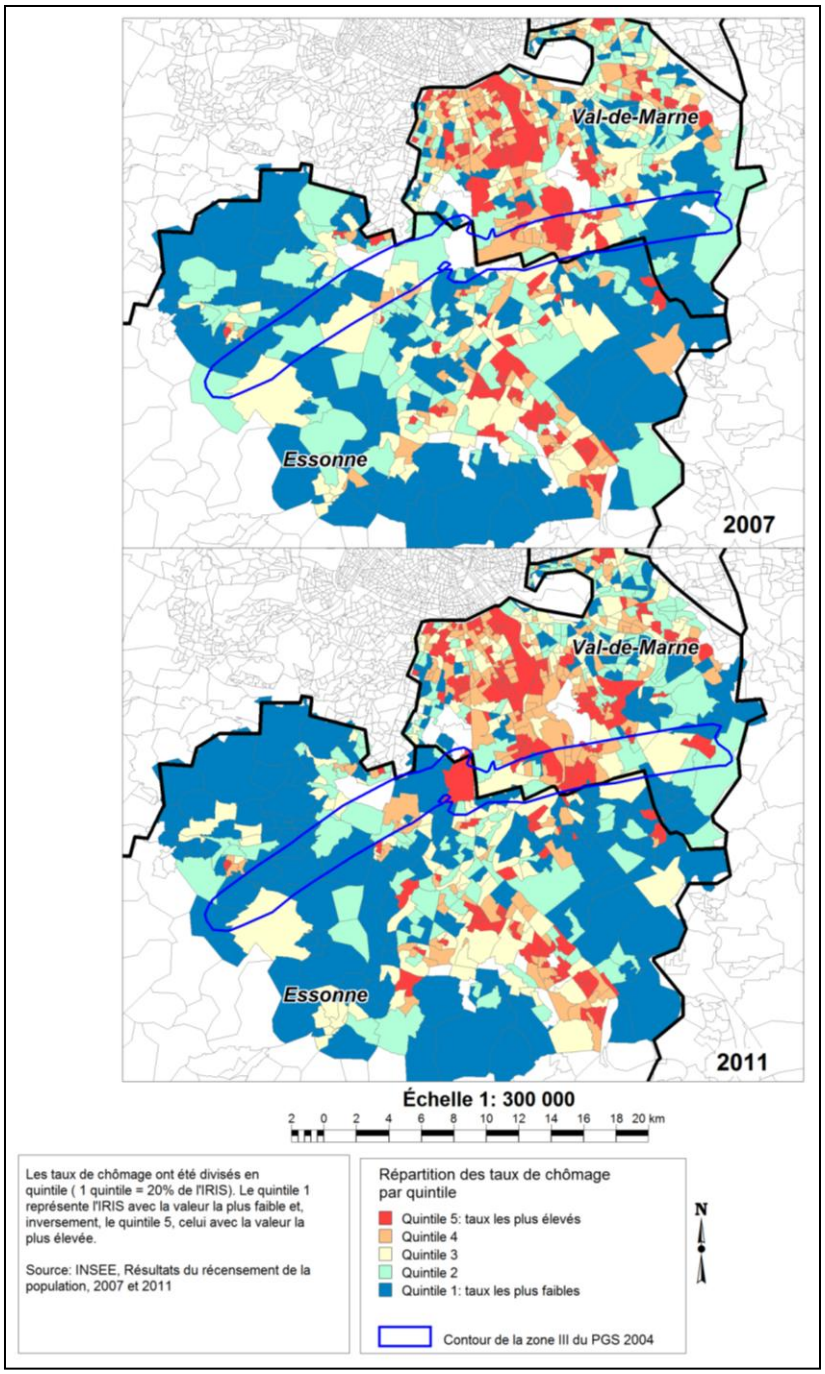


Figure 66: Distribution spatiale des taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

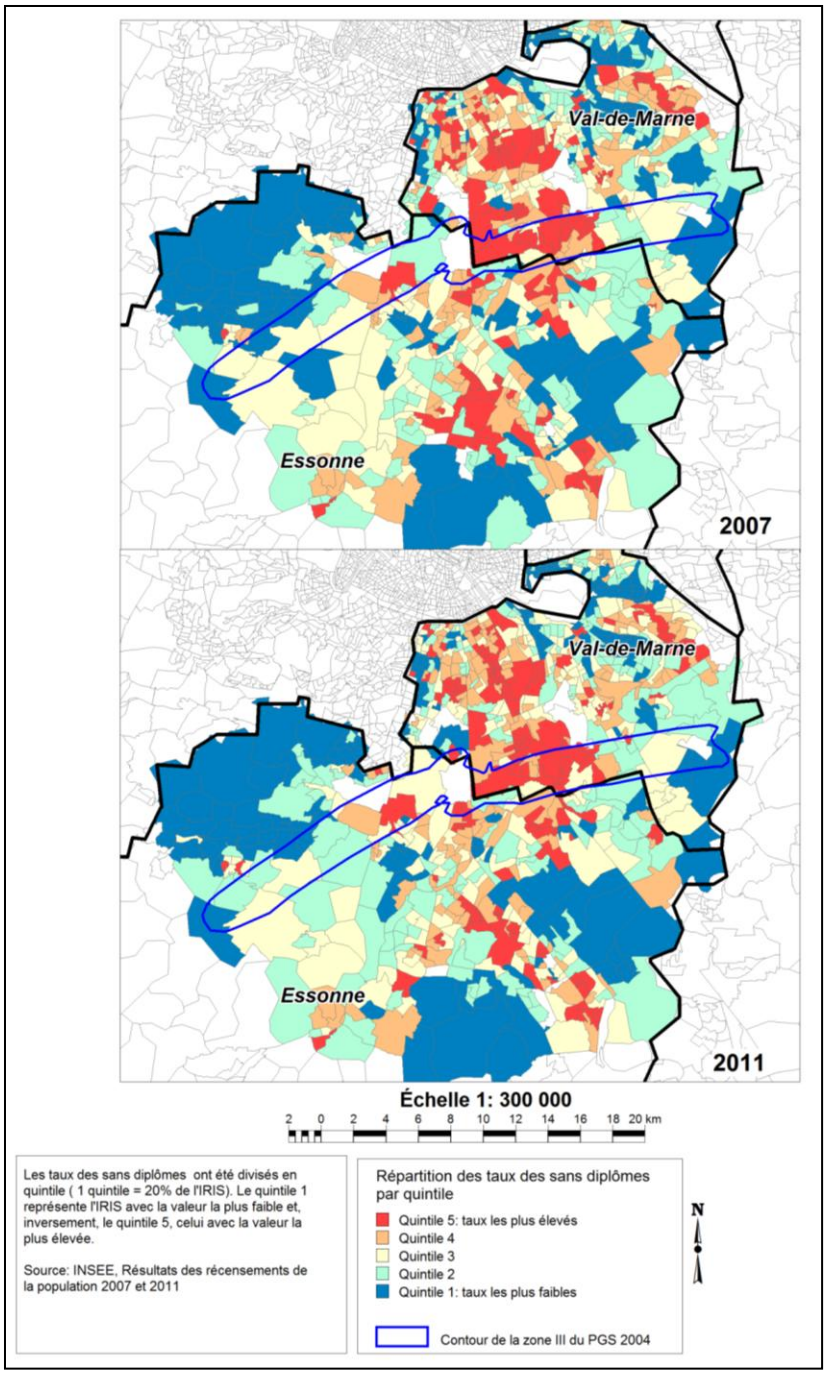
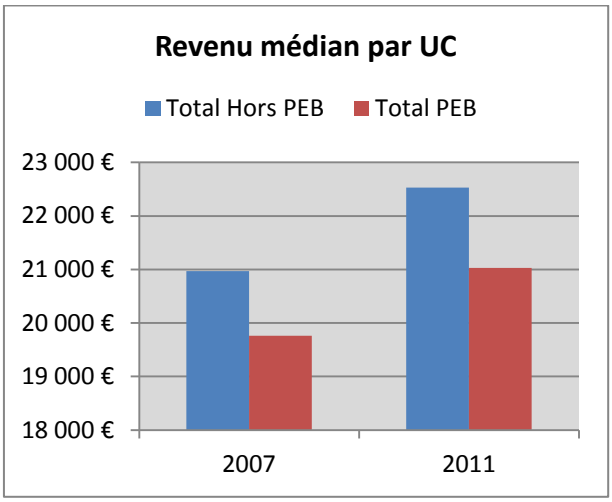
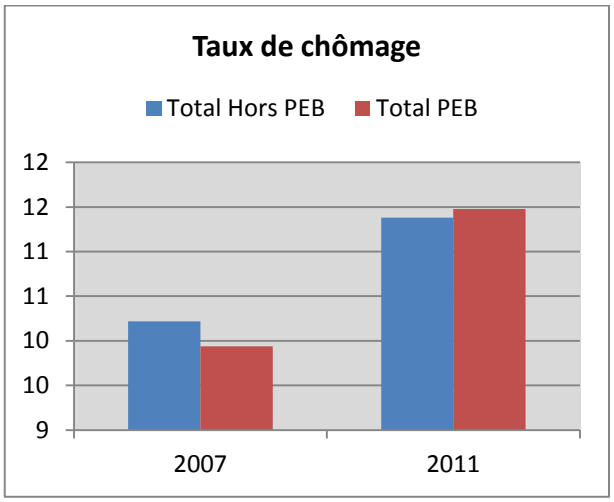
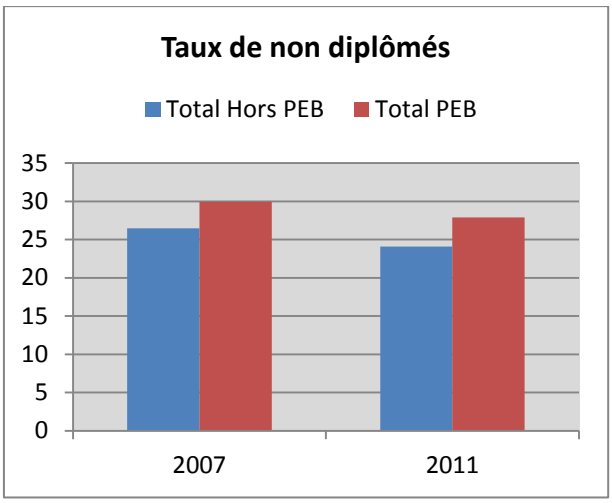


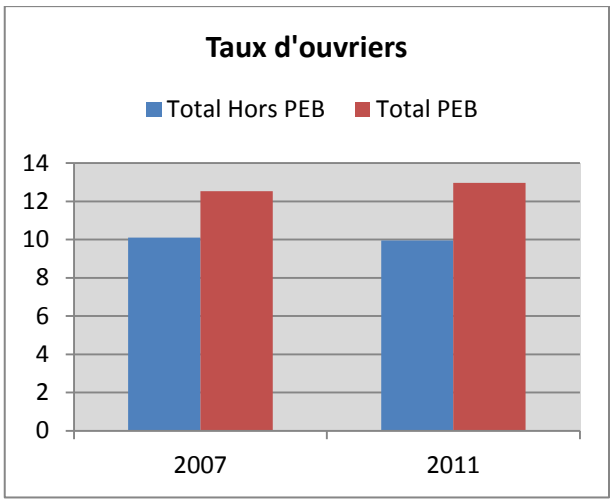
Figure 67: Distribution spatiale des taux de sans diplômes en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

AEROPORT DE PARIS-ORLY









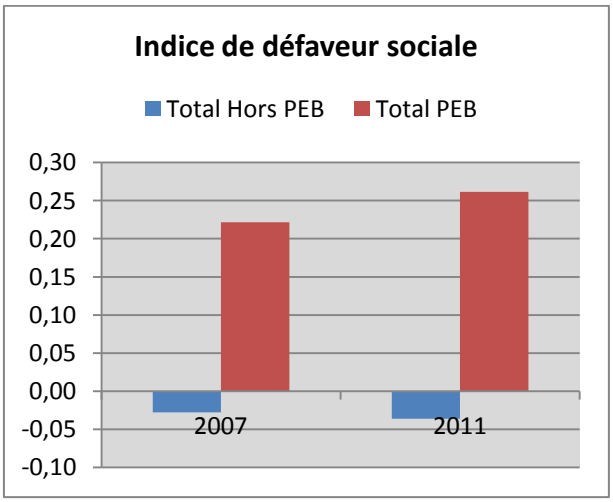


Figure: Valeurs agrégées des différents indicateurs en fonction de l'exposition au bruit et leurs évolutions entre 2007 et 2011

Source : INSEE, Résultats des recensements de la population et INSEE-DGFip, Revenus fiscaux localisés des ménages, 2007 et 2011

2- Caractéristiques des populations exposées au bruit et indicateurs d'inégalité environnementale autour de Paris-Orly : résultats issus des scores de défaveur sociale calculés au niveau de l'ensemble de la zone d'étude

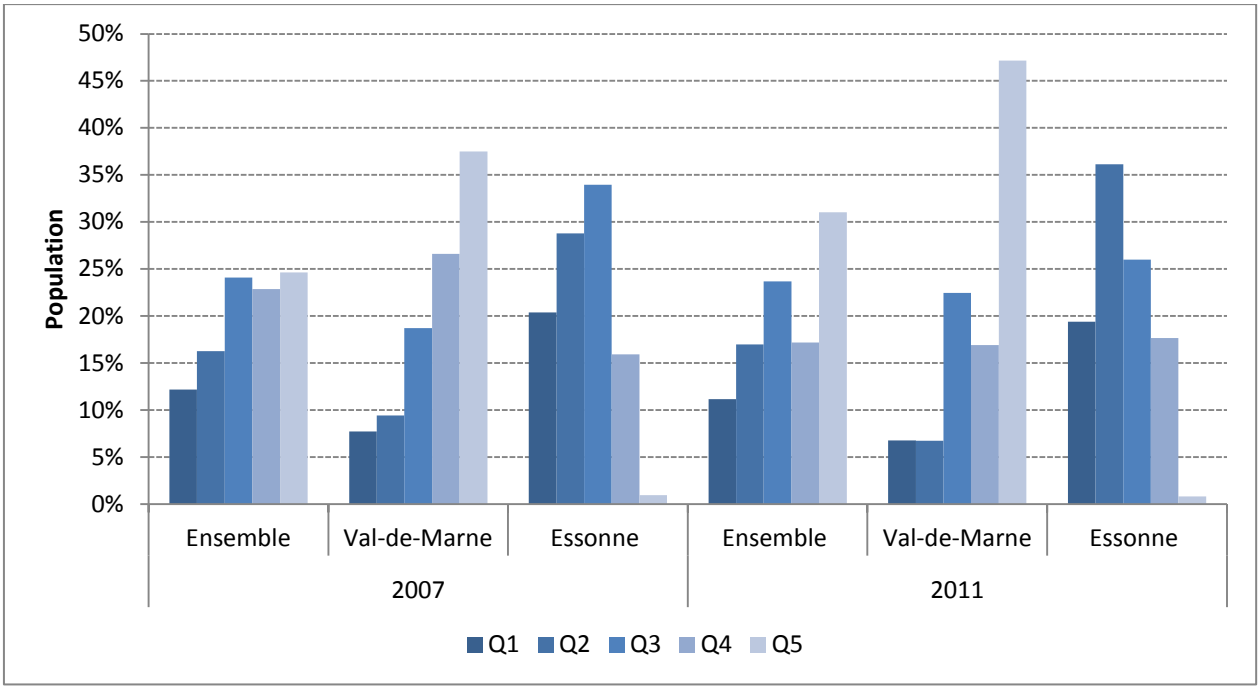


Figure 68: Pourcentage de population dans la zone III du PGS, en fonction du quintile de l'indice de défaveur sociale, selon la zone d'étude, en 2007 et 2011.

Zone d'étude	Rapport Q5/Q1		TDQI	
	2007	2011	2007	2011
Ensemble	2,02	2,78	1,36	1,78
Val de Marne	4,85	6,98	1,92	2,63
Essonne	0,05	0,04	0,06	0,05

Tableau 71: Rapport Q5/Q1 et TDQI en 2007 et 2011: cas de Paris-Orly

Quintile	Ensemble		Val-de-Marne		Essonne	
	2007	2011	2007	2011	2007	2011
Q1	0,58	0,54	0,36	0,32	1,07	1,01
Q1 et Q2	0,59	0,56	0,35	0,25	1,22	1,56
Q3	1,20	1,25	0,98	1,33	1,68	1,21
Q4 et Q5	1,43	1,45	2,31	2,29	0,42	0,46
Q5	1,44	2,02	2,30	3,60	0,05	0,04

Tableau 72: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly

ANNEXE 5 : Résultats complémentaires: cas de Toulouse-Blagnac : cas de Toulouse-Blagnac

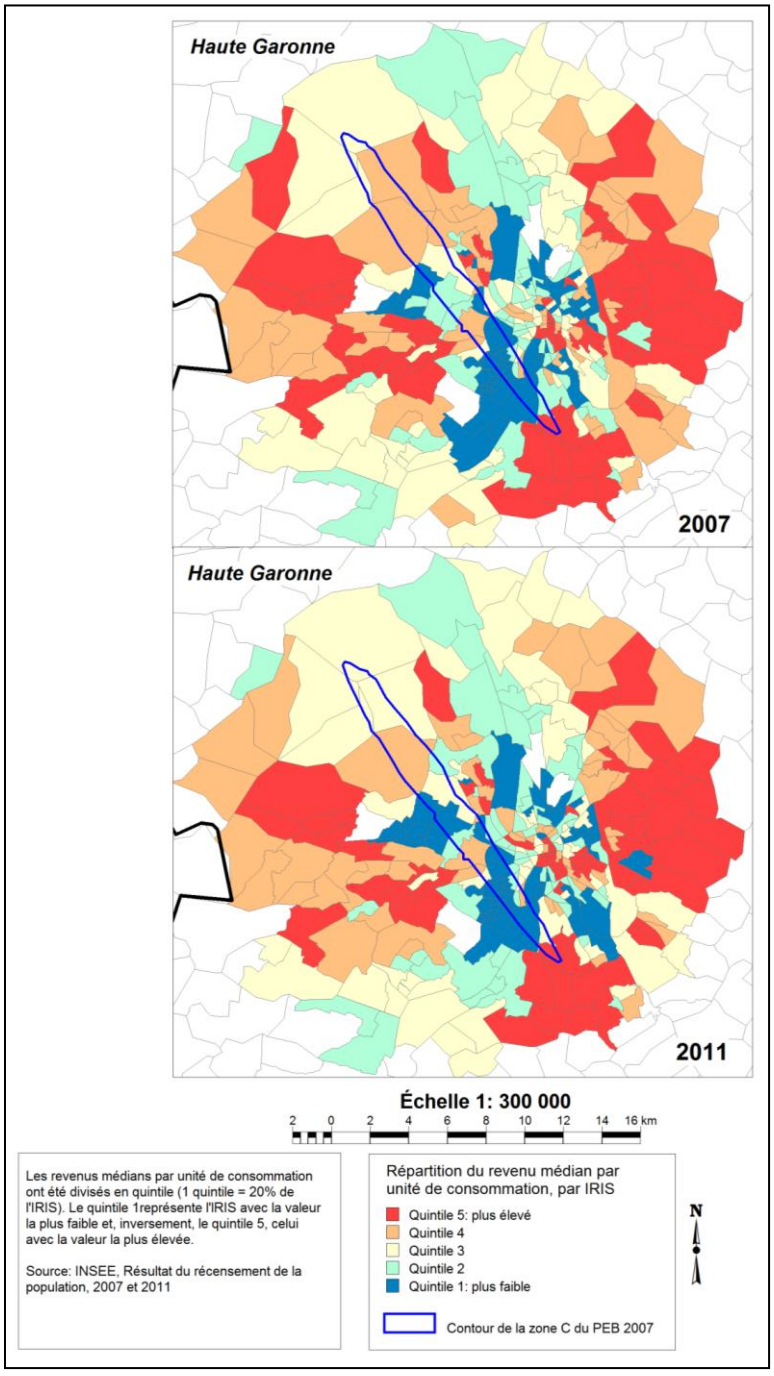


Figure 69: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

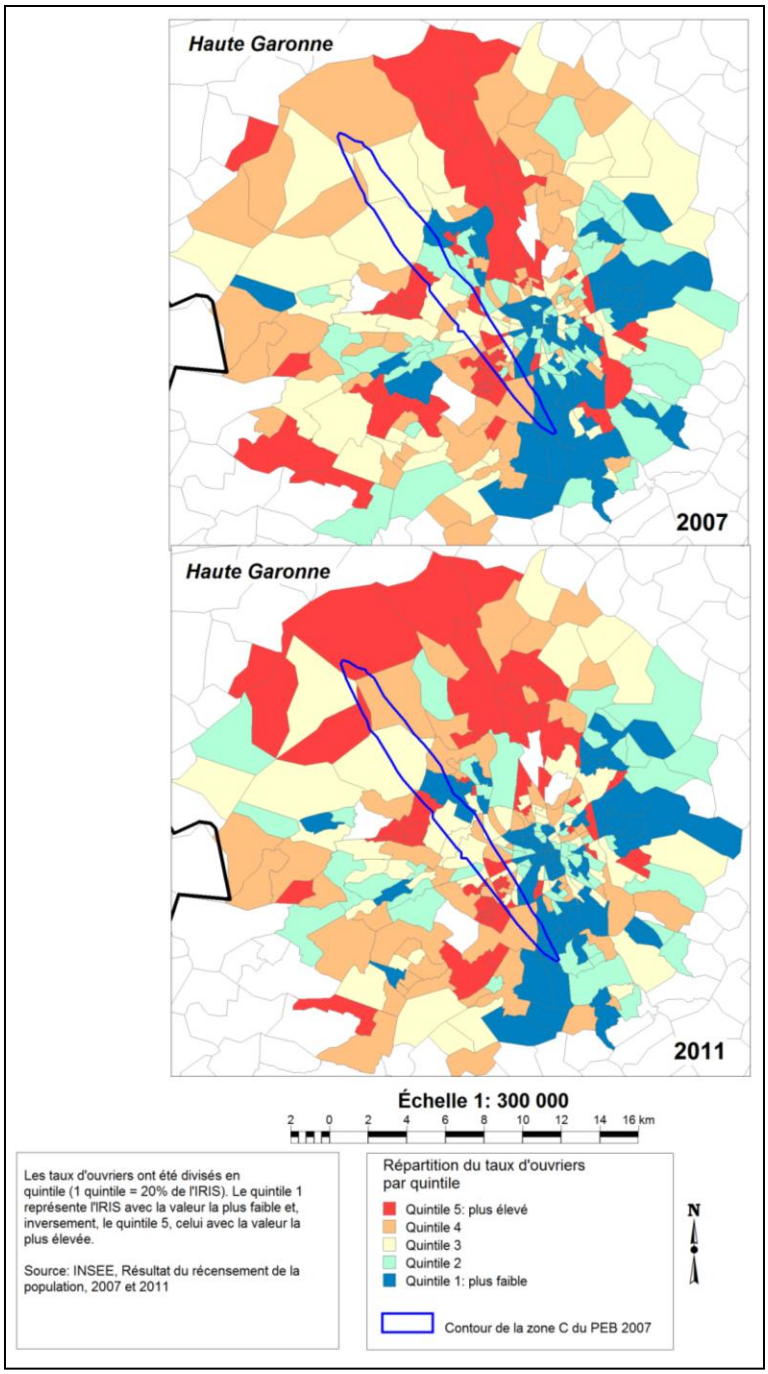


Figure 70: Distribution spatiale du taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

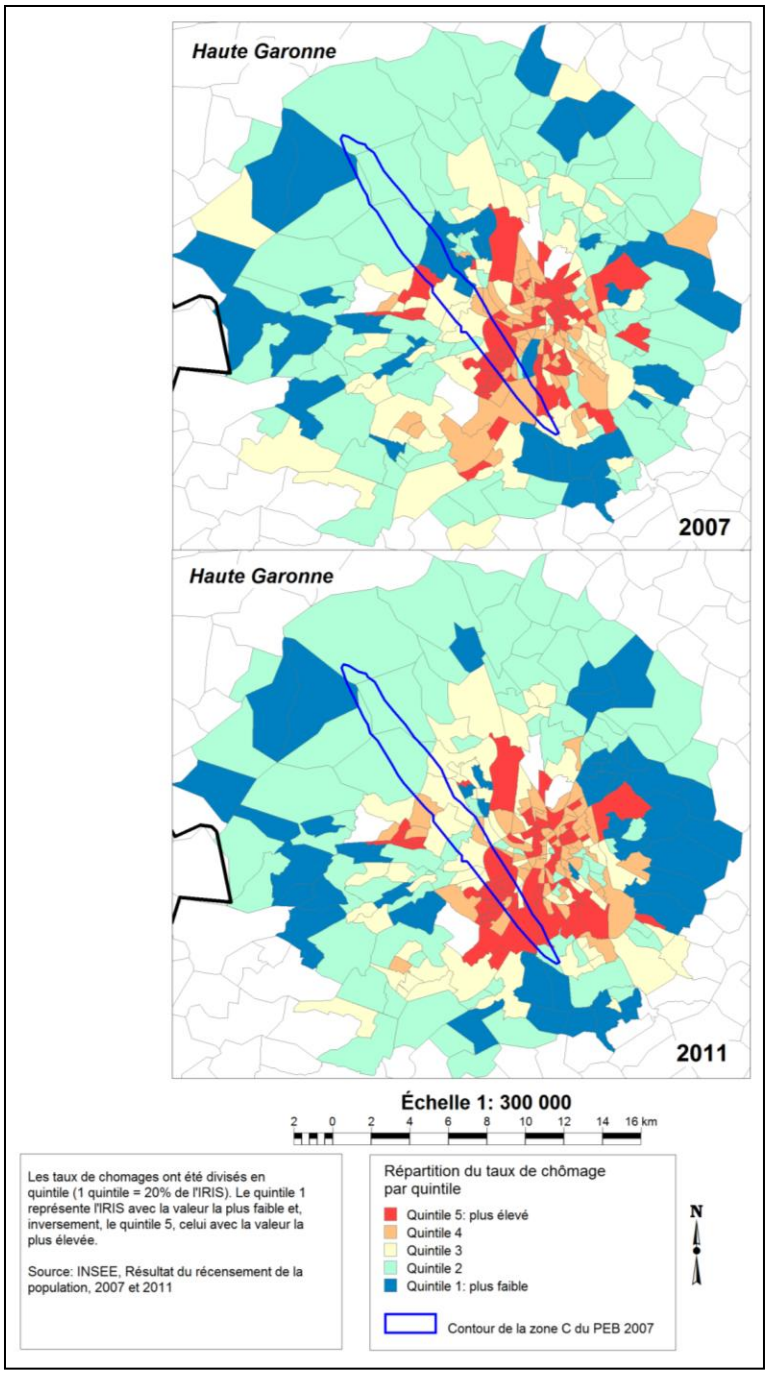


Figure 71: Distribution spatiale du taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

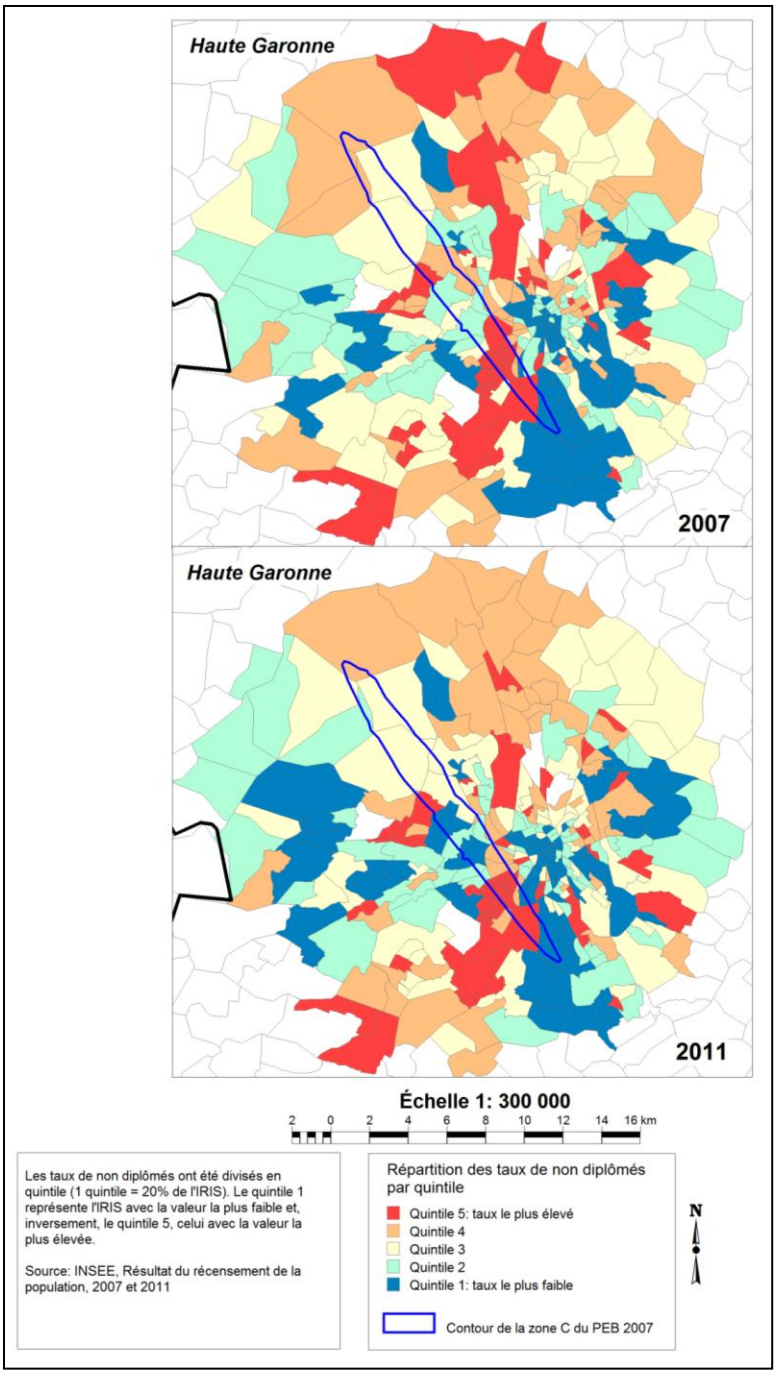
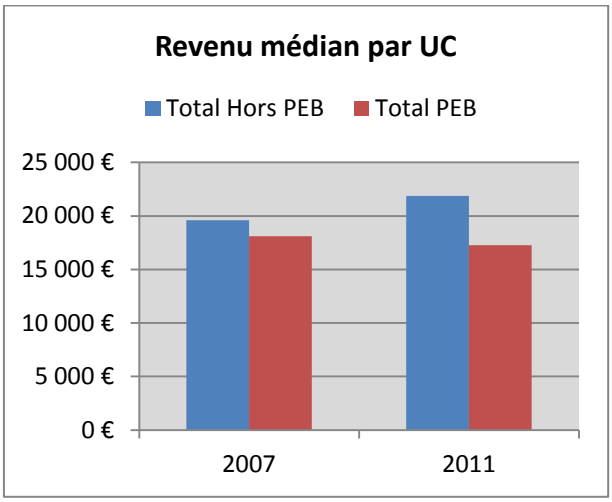
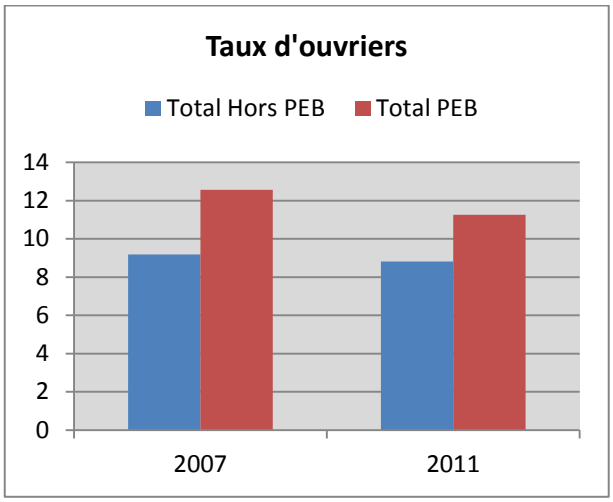
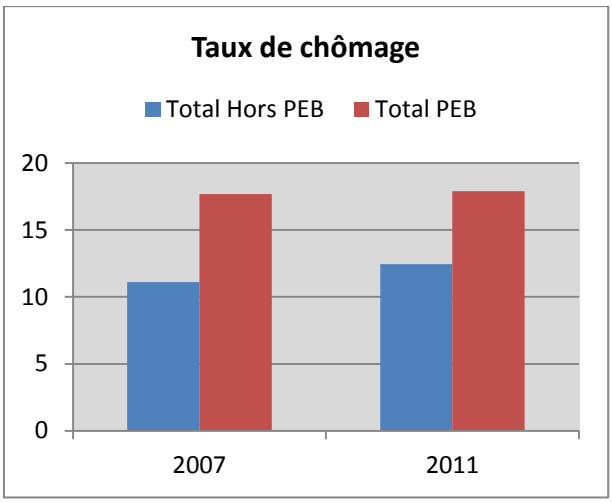


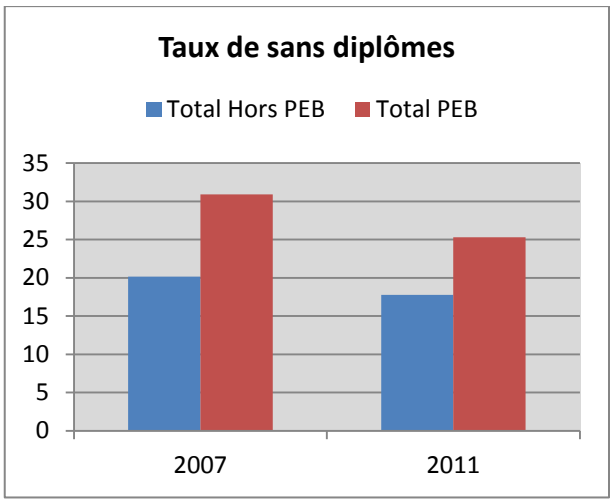
Figure 72: Distribution spatiale du taux de non diplômés en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac

AEROPORT DE TOULOUSE-BLAGNAC









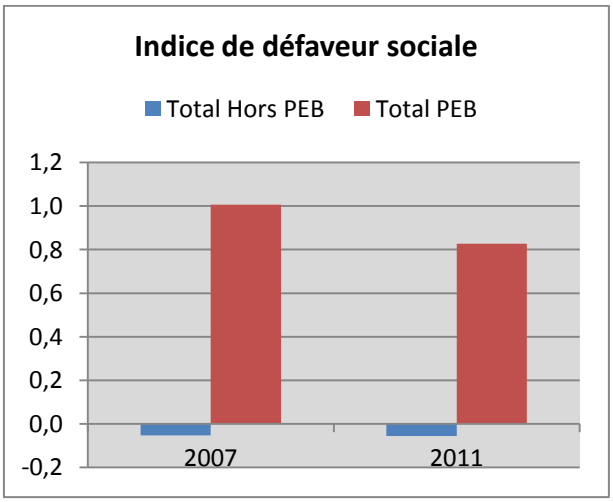


Figure : Valeurs agrégées des différents indicateurs en fonction de l'exposition au bruit et leurs évolutions entre 2007 et 2011

Sources : INSEE, Résultats des recensements de la population et INSEE-DGFip, Revenus fiscaux localisés des ménages, 2007 et 2011

ANNEXE 6 : Résultats complémentaires: cas de Lyon- Saint-Exupéry

1- Présentations des indicateurs constituant l'indice de défaveur sociale : cas de Lyon-Saint-Exupéry

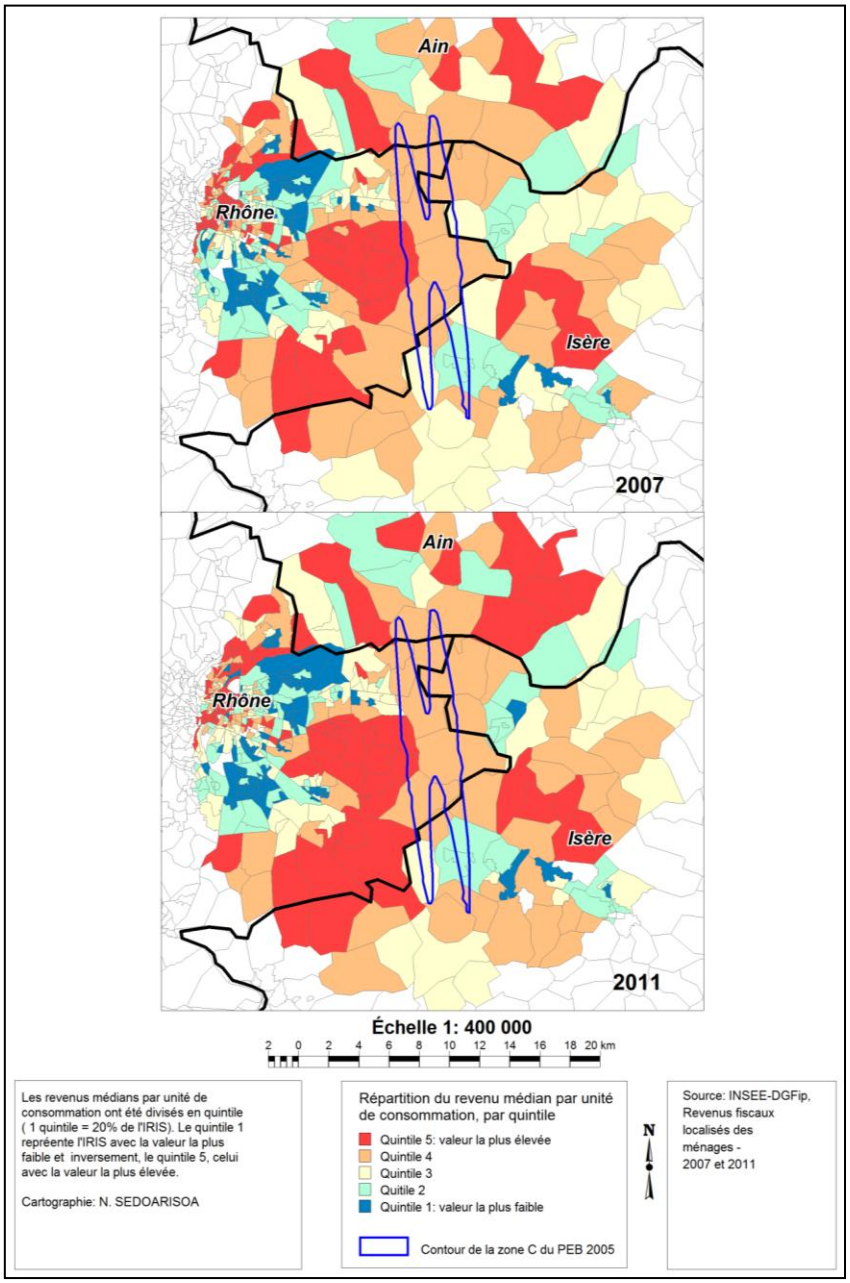


Figure 73: Distribution spatiale du revenu médian en 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry

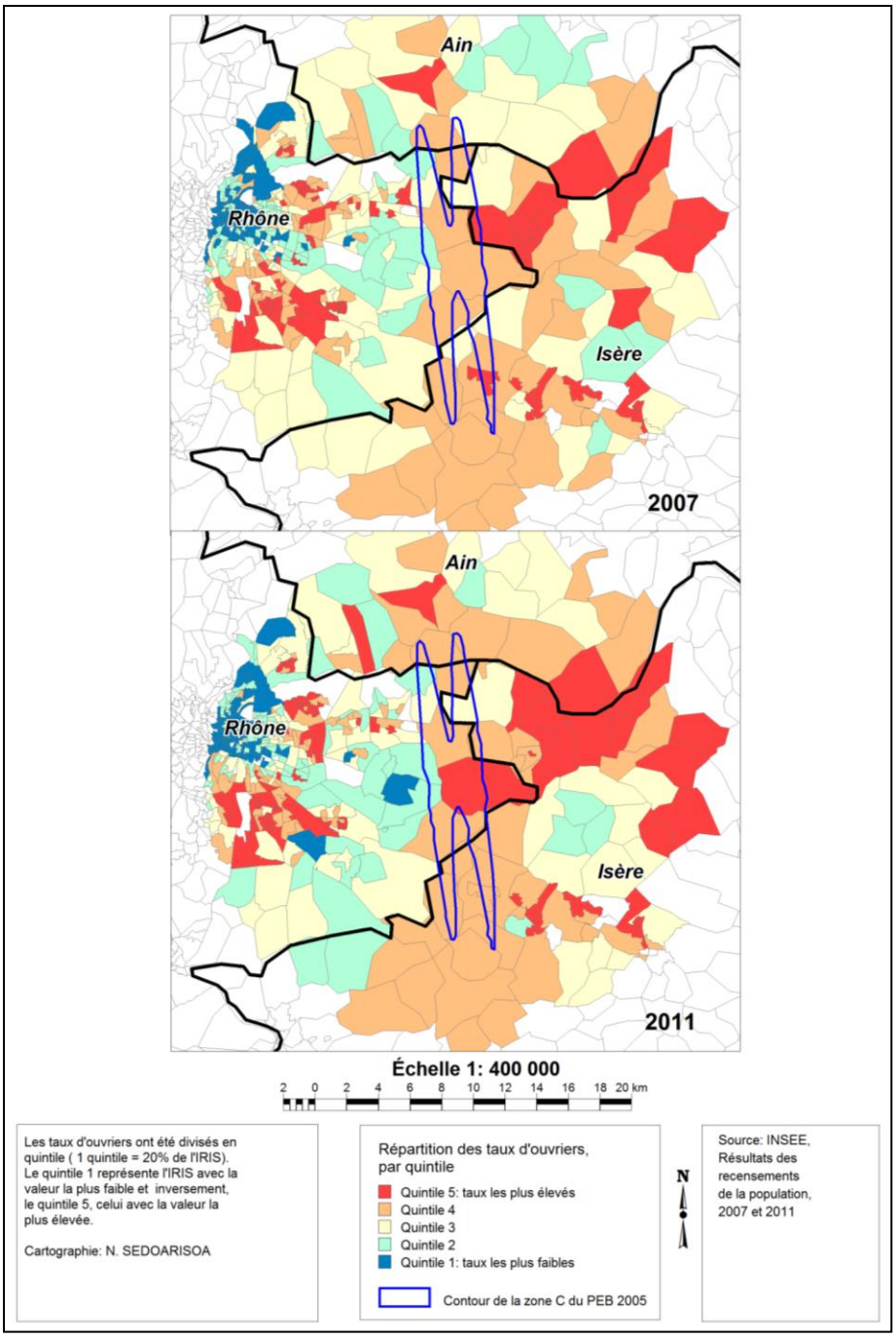


Figure 74: Distribution spatiale des taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry

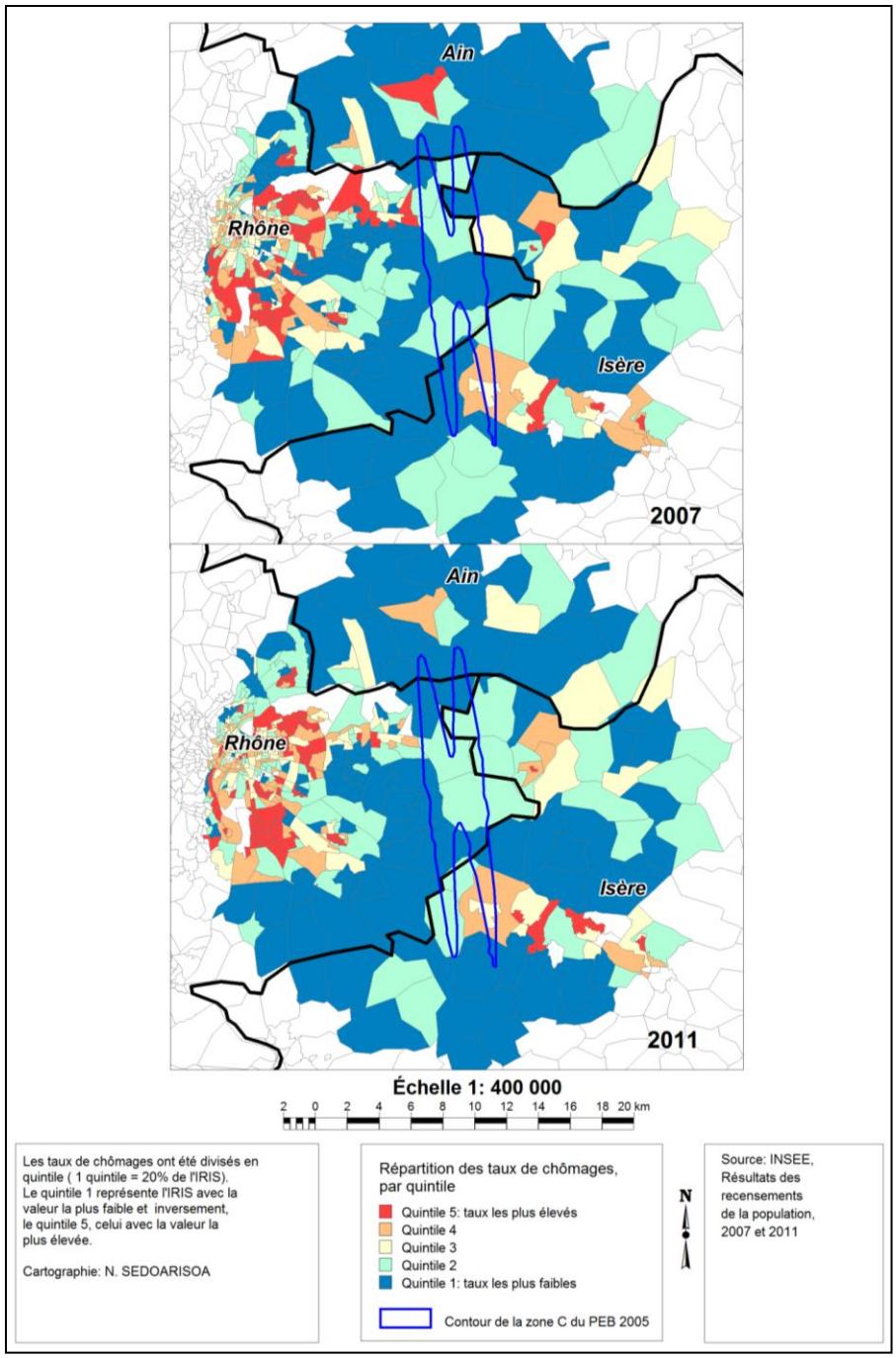


Figure 6.3 : Distribution spatiale des taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry

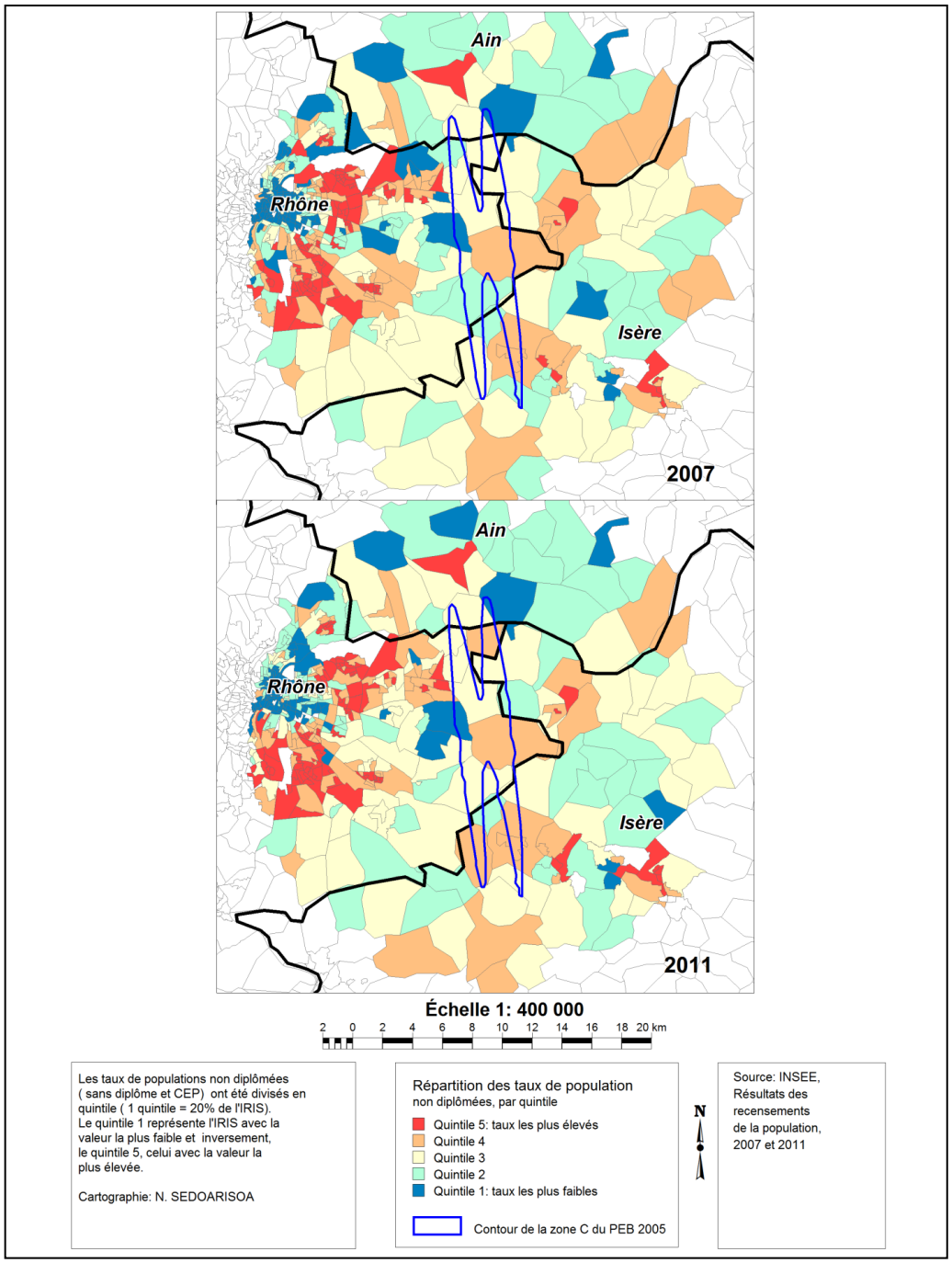


Figure 75: Distribution spatiale du taux de non diplômés : cas de Lyon-Saint-Exupéry

2- Caractéristiques des populations exposées au bruit et indicateurs d'inégalité environnementale autour de Lyon-Saint-Exupéry : résultats issus des scores de défaveur sociale calculés au niveau de l'ensemble de la zone d'étude

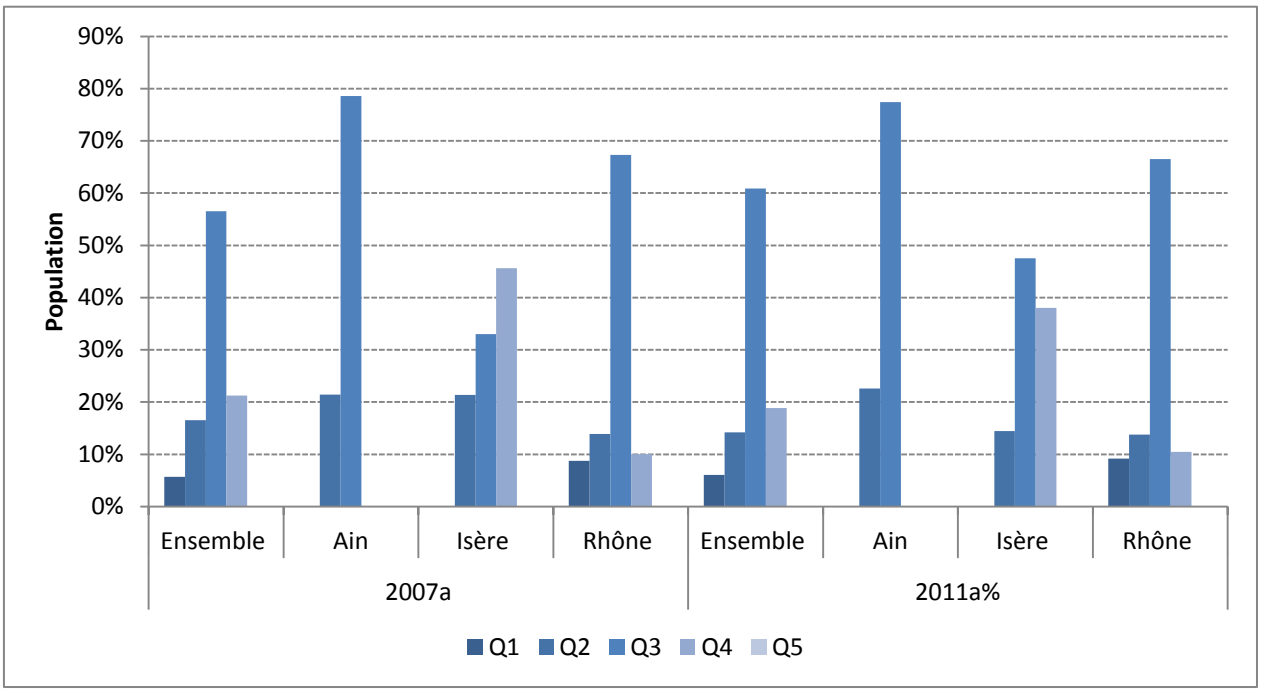


Figure 76: Pourcentage de population dans la zone C du PEB, en fonction du quintile de l'indice de défaveur sociale, selon le département, en 2007 et 2011.

	CERI 2007	CERI 2011
CERI Q1	0,26	0,29
CERI Q1 et Q2	0,46	0,42
CERI Q3	5,14	5,62
CERI Q4 et Q5	0,38	0,34
CERI Q5	0,00	0,00

Tableau 73: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Lyon Saint-Exupéry

ANNEXE 7: Statistiques descriptives des transactions étudiés : cas de Paris-CDG

DESCRIPTIVES DES MAISONS

Variables	Moy ou /%	Variables	Moy. ou /%	Variables	Moy ou/%	Variables	Moy ou%	Variables	Moy ou/%
LN_Prix	12,27	952290102	0,03%	952190101	0,20%	956070102	0,41%	955820107	0,47%
ANNEE_2002	18,70%	952520115	0,07%	954280202	0,05%	950510104	0,45%	955850115	0,16%
ANNEE_2003	17,37%	955000101	0,04%	955390107	0,08%	954460000	0,56%	950630111	0,46%
ANNEE_2004	16,90%	955390106	0,04%	955850117	0,05%	952030101	0,13%	954240303	0,70%
ANNEE_2005	18,11%	952100201	0,01%	950180401	0,30%	953710102	0,43%	952290103	0,14%
ANNEE_2006	16,56%	952770402	0,01%	950180903	0,34%	955550102	0,28%	955630105	0,60%
JANVIER	7,30%	955720103	0,08%	950910101	0,13%	950140000	0,16%	950180902	0,76%
FEVRIER	7,72%	955820108	0,08%	950910103	0,21%	950180301	0,39%	955630103	0,49%
MARS	7,13%	956520000	0,08%	952290104	0,08%	950190102	0,16%	955390101	0,14%
AVRIL	7,10%	950630106	0,04%	954880101	0,34%	950510103	0,38%	952680109	0,33%
MAI	7,03%	952520107	0,07%	955720107	0,21%	953940101	0,42%	950600102	0,67%
JUIN	11,26%	951490000	0,16%	950180304	0,35%	951970103	0,10%	950630108	0,58%
JUILLET	12,77%	952190701	0,05%	950580000	0,16%	954280102	0,17%	953060101	1,13%
AOUT	7,99%	956800108	0,14%	952800107	0,16%	950180403	0,41%	951970101	0,08%
SPETEMBRE	10,02%	951990102	0,03%	955850112	0,04%	950390101	0,34%	951970102	0,10%
OCTOBRE	8,28%	952030106	0,00%	950180801	0,29%	956800110	0,05%	951760106	1,06%
NOVEMBRE	5,26%	955270000	0,07%	950181001	0,28%	950180404	0,35%	955630102	0,58%
EP_1914M	7,77%	955630106	0,12%	952190601	0,14%	952770302	0,37%	952680113	0,25%
EP_1948_1969	17,70%	956800112	0,08%	952500103	0,30%	952880103	0,10%	955740103	0,34%
EP_1970_1980	15,98%	950520102	0,10%	952520103	0,24%	954280101	0,13%	950180702	0,91%
EP_1981_1991	13,42%	952680101	0,08%	953510101	0,12%	952050103	0,18%	951760103	1,14%
EP_SUP_1992	6,04%	954910103	0,10%	954240302	0,34%	952100401	0,08%	956070105	0,77%
EP_NR	15,26%	955040000	0,09%	954280203	0,07%	953130101	0,60%	950390103	0,62%
Ln_SURFACE	4,55	955800000	0,09%	954280303	0,05%	953940104	0,51%	950190105	0,18%
Ln_TERRAIN_	5,83	953130102	0,18%	952100501	0,09%	952030104	0,25%	950910102	0,68%
PIECE_2M	4,32%	950880000	0,10%	953060106	0,45%	952190801	0,24%	954910104	0,62%
ECE_3	13,75%	952030108	0,04%	955980103	0,12%	952770202	0,24%	955850116	0,10%
PIECE_4	26,06%	954280204	0,00%	950520101	0,24%	952880101	0,16%	953940102	0,88%
SLDB_0	4,07%	955550107	0,08%	954270102	0,18%	955850114	0,16%	955820106	0,46%
SLDB_2P	26,66%	950510105	0,21%	955820101	0,25%	956800109	0,25%	954870101	0,70%
GARAGE_0	25,92%	952190201	0,05%	956280000	0,28%	951760101	0,67%	955980101	0,35%
GARAGE_2P	6,36%	952500101	0,13%	950180101	0,37%	952500102	0,31%	952800104	0,13%
NIVEAU_1M	21,22%	952500104	0,12%	955550105	0,13%	950180901	0,49%	951200000	0,84%
NIVEAU_3P	13,25%	955290000	0,00%	955980105	0,13%	950510101	0,60%	952520102	0,77%
JARDIN_NNR	4,72%	955820109	0,13%	956070103	0,33%	950630110	0,28%	954240102	1,04%
PIESCINE_AVEC	0,49%	950280000	0,08%	956070104	0,35%	951970109	0,05%	954260000	0,50%
B_ROUTE	6,02%	950181003	0,20%	951970104	0,05%	952560000	0,50%	950190103	0,52%
B_FER	3,45%	954890000	0,03%	951990103	0,09%	954910102	0,52%	950510102	0,88%
IRIS_AUTR	0,70%	952520116	0,17%	953130104	0,41%	955550103	0,14%	954800101	1,06%
950180202	0,04%	951990104	0,10%	955390102	0,07%	956070110	0,42%	955630107	0,68%
950260000	0,03%	952180103	0,28%	956040000	0,20%	952290101	0,13%	955820104	0,62%
952680108	0,04%	952520113	0,20%	952030102	0,10%	952880102	0,10%	955980104	0,28%
954880106	0,04%	952800109	0,07%	952050101	0,08%	953710101	0,21%	952770303	0,17%
955660000	0,03%	954280302	0,08%	950180302	0,39%	955550101	0,22%	956070106	1,10%
950180204	0,03%	955820103	0,14%	952800110	0,12%	955980107	0,24%	953060102	1,27%
952770501	0,00%	950180402	0,22%	953510103	0,20%	954270101	0,17%	956070113	0,79%
955980106	0,03%	952100301	0,04%	955850101	0,17%	950190106	0,17%	953060107	1,50%
930310201	0,01%	952770401	0,07%	953940103	0,31%	952030110	0,21%	951760105	1,43%
950180201	0,03%	954270103	0,04%	954870104	0,30%	954270106	0,13%	951760102	1,43%
950180303	0,05%	956070107	0,22%	956120000	0,07%	954880103	0,67%	955630104	0,87%
950560000	0,07%	956070108	0,22%	951970106	0,13%	950390102	0,52%	951760104	1,44%
952180108	0,04%	952770103	0,10%	952050102	0,12%	955740104	0,37%	953060105	1,55%
952190102	0,01%	954270105	0,08%	954270104	0,08%	953130103	0,70%	952800106	0,17%
952410000	0,00%	956780000	0,25%	954280304	0,12%	952030103	0,17%	953130105	1,39%
953530000	0,05%	950630103	0,10%	952190301	0,20%	952520101	0,49%	953060103	1,61%
955820110	0,04%	950630107	0,17%	953060104	0,56%	952800108	0,08%	950190101	0,35%
950420000	0,03%	952190501	0,18%	951990107	0,17%	952190401	0,35%	953060109	1,78%
952520105	0,04%	952520111	0,24%	954870105	0,26%	952680112	0,25%	952770201	0,67%
954090000	0,01%	951990106	0,12%	954880102	0,41%	953690000	0,21%	951340000	1,25%
954240201	0,09%	952520104	0,24%	955740102	0,25%	955390105	0,22%	954800102	1,51%
954300000	0,05%	953060108	0,39%	950520103	0,21%	955720106	0,43%	953920000	1,33%
955720110	0,05%	954280103	0,04%	950630104	0,29%	953510102	0,52%	952800102	0,37%
956800101	0,07%	951970105	0,04%	951990105	0,10%	952030105	0,24%	952800103	0,31%
956800104	0,00%	951990101	0,07%	956800105	0,12%	955390104	0,26%	952570000	2,24%
951160000	0,03%	952520108	0,30%	952520114	0,39%	954240101	0,76%	952800101	0,34%
952190702	0,04%	954270107	0,08%	954280201	0,17%	956800102	0,12%	952030107	0,13%
783110203	0,05%	954360000	0,21%	955090000	0,17%	952770403	0,20%		
930310601	0,00%	956070111	0,22%	950180701	0,52%	955820105	0,45%		
950180504	0,07%	955820102	0,13%	950630105	0,24%	952030109	0,25%		
950630101	0,00%	950520104	0,14%	954240301	0,47%	950190104	0,00%		
950630102	0,05%	950600103	0,28%	950180102	0,55%	950600101	0,62%		
953520000	0,08%	952100101	0,03%	950180405	0,38%	951970108	0,16%		
955550106	0,03%	955850113	0,09%	950180703	0,49%	954240401	0,64%		
950180503	0,09%	950630109	0,16%	950180802	0,50%	956070112	0,72%		

DESCRIPTIVES DES APPARTEMENTS

Variables	Moy ou /%	Variables	Moy. ou /%	Variables	Moy ou/%	Variables	Moy ou%	Variables	Moy ou/%
ANNEE_2003	15,93%	955850113	0,02%	955740102	0,12%	953060104	0,25%	952680109	0,39%
ANNEE_2004	18,49%	952500101	0,04%	955850117	0,09%	954240201	0,28%	955550107	0,42%
ANNEE_2005	18,90%	952800104	0,00%	956070107	0,05%	950190106	0,28%	955850121	0,39%
ANNEE_2006	18,13%	954870105	0,02%	950510105	0,12%	954280201	0,25%	951970102	0,44%
ANNEE_2008	14,11%	955630105	0,04%	953060107	0,13%	955850108	0,26%	954270106	0,43%
FEVRIER	7,75%	950180405	0,03%	955720106	0,09%	950180501	0,28%	950180101	0,44%
MARS	8,06%	950180603	0,02%	956070103	0,12%	954280304	0,27%	952680107	0,35%
AVRIL	7,94%	952770202	0,04%	955270000	0,13%	950180504	0,23%	955820101	0,41%
MAI	7,82%	955740103	0,03%	955740104	0,11%	951760106	0,28%	956800102	0,46%
JUIN	10,32%	955820102	0,04%	950181001	0,14%	952520106	0,29%	950630106	0,41%
JUILLET	10,97%	955850106	0,04%	950510104	0,11%	953130103	0,29%	950190102	0,48%
AOUT	6,41%	950190105	0,05%	952030104	0,11%	950180302	0,25%	955550104	0,11%
SEPTEMBRE	9,75%	950390102	0,05%	955980101	0,13%	952770103	0,26%	950630107	0,23%
OCTOBRE	7,88%	950520102	0,04%	951970107	0,15%	952680102	0,24%	952290104	0,39%
NOVEEMBRE	5,50%	951990104	0,05%	950180903	0,15%	955550106	0,23%	952880101	0,47%
DECEMBRE	9,30%	952770201	0,05%	952680104	0,11%	951760104	0,32%	954240302	0,48%
EP_1914M	3,63%	953710101	0,04%	955850119	0,12%	952030101	0,26%	954270101	0,48%
EP_1914_1947	7,32%	954270102	0,05%	950180606	0,16%	952880103	0,30%	954280203	0,48%
EP_1970_1981	25,77%	956280000	0,05%	952190103	0,13%	955850116	0,27%	956800107	0,47%
EP_1981_1991	9,70%	956800101	0,05%	954800101	0,15%	950600102	0,29%	952520111	0,45%
EP_1992_2000	7,91%	950180301	0,06%	955980104	0,14%	952520102	0,30%	953690000	0,49%
EP_1992P	0,46%	950180901	0,04%	956070104	0,18%	956800109	0,31%	950520101	0,46%
EP_NR	0,00%	950600103	0,05%	950180201	0,17%	951990103	0,29%	952520112	0,49%
PIECE_1	9,96%	950880000	0,05%	950180404	0,15%	952880102	0,24%	951970104	0,53%
PIECE_2	21,69%	952800107	0,04%	952190101	0,10%	953130105	0,30%	950180902	0,45%
PIECE_4	25,94%	954460000	0,04%	951990106	0,14%	951760105	0,34%	954270103	0,51%
PIECE_5	6,62%	950180801	0,06%	952050103	0,14%	951760102	0,33%	952100301	0,51%
PIECE_6P	0,70%	952030110	0,05%	952190401	0,17%	950180203	0,32%	952770401	0,53%
PIECE_NR	0,00%	952800106	0,06%	954260000	0,13%	953130102	0,32%	950630103	0,44%
ETAGE_0	21,40%	954240303	0,07%	952030109	0,16%	955980102	0,28%	956800108	0,53%
ETAGE_1	21,67%	950180703	0,06%	952190201	0,13%	950180304	0,29%	952520114	0,50%
ETAGE_2	19,90%	950390103	0,04%	956070106	0,16%	951970103	0,32%	950180204	0,54%
ETAGE_4	8,58%	955850110	0,06%	955850102	0,13%	955850114	0,25%	955820110	0,49%
SLDB_0	4,91%	950180702	0,07%	954240401	0,16%	952190601	0,30%	953940101	0,55%
SLDB_2P	4,86%	950390101	0,05%	955850105	0,18%	955630104	0,34%	955850124	0,40%
GARAGE_0	36,61%	952680101	0,05%	950180503	0,19%	952520103	0,32%	954280103	0,53%
GARAGE_2P	6,19%	953130104	0,08%	950140000	0,15%	955980107	0,34%	956070105	0,63%
GARAGE_NR	2,16%	955390107	0,05%	950180102	0,18%	952290101	0,29%	952680114	0,47%
TERRASSE_AVEC	5,30%	955630107	0,07%	950180605	0,17%	955550108	0,33%	954280204	0,53%
TERRASSE_NR	50,74%	950520104	0,06%	951990102	0,13%	956070110	0,38%	952190202	0,50%
surface_par_piece	21,28	953060101	0,08%	950630111	0,17%	952770402	0,38%	951970105	0,60%
Etage_5P	11,09%	956800113	0,07%	952290102	0,15%	952800102	0,32%	953060106	0,58%
ZONE_D	57,63%	952560000	0,08%	954880101	0,18%	955850118	0,25%	954240101	0,65%
ZONE_C	16,33%	955850101	0,06%	955850120	0,11%	955820104	0,34%	955550101	0,51%
ZONE_B	0,02%	954800102	0,08%	950181002	0,20%	954270104	0,32%	952190702	0,53%
JARDIN_AVEC	5,27%	954870103	0,06%	950181003	0,18%	954910102	0,34%	952520107	0,61%
JARDIN_NR	50,74%	955720103	0,08%	950510102	0,19%	956800114	0,32%	955820106	0,60%
B_ROUTE	7,65%	956800105	0,10%	952030105	0,15%	951990107	0,31%	950510101	0,65%
B_FER	4,34%	950190103	0,09%	952190701	0,16%	954280302	0,37%	952100401	0,60%
IRIS_AUTRES	1,03%	951990105	0,07%	955850123	0,12%	955390106	0,33%	954910103	0,64%
950630105	0,02%	953510103	0,09%	952050102	0,15%	950180403	0,33%	950180202	0,65%
952680112	0,02%	955850109	0,08%	954880102	0,21%	950180604	0,37%	955980103	0,60%
953060108	0,03%	950630104	0,07%	950180802	0,19%	952770302	0,39%	954280101	0,63%
956520000	0,03%	952190801	0,09%	951340000	0,13%	950630102	0,33%	955820103	0,63%
956780000	0,02%	952800108	0,09%	952520109	0,21%	952050101	0,33%	955550103	0,64%
956800104	0,03%	954870104	0,09%	955980106	0,18%	952190301	0,35%	950630110	0,55%
950280000	0,03%	954910104	0,10%	956070111	0,24%	954270105	0,38%	952680108	0,62%
950520103	0,03%	955820105	0,10%	956800112	0,21%	952770403	0,41%	955390105	0,44%
953510101	0,03%	956040000	0,11%	950180402	0,21%	952770501	0,42%	956800110	0,70%
954090000	0,01%	954240102	0,10%	951760103	0,24%	952680113	0,40%	952030102	0,58%
955630102	0,03%	956070101	0,11%	951970109	0,22%	950630108	0,41%	952680110	0,67%
950180303	0,03%	950600101	0,10%	952030103	0,17%	950180502	0,44%	952100501	0,70%
950180701	0,04%	950630109	0,06%	950180401	0,21%	954870101	0,37%	955850122	0,57%
950190101	0,04%	952680115	0,10%	952190501	0,20%	950190104	0,47%	956070102	0,76%
950630101	0,02%	952800101	0,11%	952680106	0,23%	952520105	0,42%	952030106	0,64%
954360000	0,02%	954280303	0,09%	953920000	0,23%	953130101	0,45%	952100201	0,71%
954880103	0,04%	956120000	0,12%	954280102	0,25%	951970106	0,39%	956070113	0,75%
955820107	0,04%	952520104	0,13%	955390101	0,19%	951990101	0,35%	952520101	0,75%
955850111	0,04%	955390104	0,10%	952290103	0,21%	952570000	0,43%	952520110	0,83%
952520116	0,78%	952520108	0,78%	951970108	1,01%	953060105	1,14%	955820109	0,95%
951970101	0,77%	955550105	0,74%	955820108	0,96%	954240301	1,21%	952100101	1,05%
951760101	0,87%	956800111	0,84%	954280202	0,69%	956070108	1,22%	955630106	0,93%
955390102	0,60%	955850125	0,73%	952030108	0,98%	953060109	0,00%	955630103	0,83%
955550102	0,71%	955980105	0,79%	952520113	0,73%	952520115	0,96%		

ANNEXE 8 : Résultats de la mise en œuvre de la MPH autour de l'aéroport de Paris-CDG: cas des maisons

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	9,376	0,130		72,402	0,000	9,123	9,630
ANNEE_2003	0,101	0,006	0,087	17,734	0,000	0,090	0,112
ANNEE_2004	0,226	0,006	0,193	38,945	0,000	0,215	0,238
ANNEE_2005	0,375	0,006	0,338	66,032	0,000	0,364	0,386
ANNEE_2006	0,506	0,006	0,466	91,410	0,000	0,495	0,517
ANNEE_2008	0,575	0,006	0,460	96,093	0,000	0,563	0,587
FEVRIER	0,019	0,009	0,011	2,232	0,026	0,002	0,036
MARS	0,025	0,009	0,015	2,926	0,003	0,008	0,042
AVRIL	0,029	0,009	0,017	3,368	0,001	0,012	0,046
MAI	0,028	0,009	0,017	3,345	0,001	0,012	0,045
JUIN	0,062	0,008	0,046	8,056	0,000	0,047	0,078
JUILLET	0,072	0,008	0,056	9,590	0,000	0,058	0,087
AOUT	0,094	0,008	0,060	11,366	0,000	0,078	0,111
SPETEMBRE	0,085	0,008	0,060	10,783	0,000	0,069	0,100
OCTOBRE	0,074	0,008	0,047	8,930	0,000	0,058	0,090
NOVEMBRE	0,075	0,009	0,040	8,227	0,000	0,057	0,093
DECEMBRE	0,094	0,008	0,062	11,545	0,000	0,078	0,110
EP_1914M	0,034	0,010	0,014	3,301	0,001	0,014	0,055
EP_1970_1980	0,063	0,008	0,039	7,813	0,000	0,047	0,079
EP_1981_1991	0,073	0,008	0,044	8,940	0,000	0,057	0,089
EP_SUP_1992	0,103	0,011	0,043	9,722	0,000	0,082	0,124
Surface/pièce	-0,023	0,002	-0,070	-12,140	0,000	-0,026	-0,019
Surface (Ln)	0,387	0,010	0,255	39,781	0,000	0,368	0,406
Terrain (Ln)	0,188	0,003	0,305	66,083	0,000	0,183	0,194
SLDB (non)	-0,193	0,008	-0,090	-23,371	0,000	-0,209	-0,177
SLDB (2 et +)	0,089	0,004	0,092	21,255	0,000	0,081	0,097
GARAGE (non)	-0,047	0,004	-0,050	-12,402	0,000	-0,054	-0,040
GARAGE (2 et +)	0,051	0,007	0,027	6,963	0,000	0,037	0,065
Niveau (<ou=1)	-0,055	0,005	-0,053	-12,128	0,000	-0,064	-0,046
Niveau (3 et +)	0,030	0,005	0,025	5,826	0,000	0,020	0,040
Piscine (oui)	0,168	0,024	0,026	6,859	0,000	0,120	0,216
B_route	-0,017	0,008	-0,009	-2,077	0,038	-0,032	-0,001
B_50_55	-0,018	0,008	-0,020	-2,399	0,016	-0,033	-0,003
B_56_62	-0,074	0,012	-0,061	-5,962	0,000	-0,098	-0,050
B_63P	-0,146	0,031	-0,022	-4,715	0,000	-0,207	-0,085
952800102	-,289	,020	-,071	-14,371	0%	-,328	-,249
952800103	-,274	,019	-,070	-14,302	0%	-,312	-,237
954870101	-,343	,024	-,062	-14,289	0%	-,391	-,296
952800104	-,339	,024	-,061	-14,119	0%	-,386	-,292
952100401	,400	,030	,056	13,494	0%	,342	,459
954870105	-,422	,032	-,053	-13,262	0%	-,484	-,360
952800106	-,286	,022	-,061	-13,170	0%	-,329	-,244

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
952100501	,475	,038	,050	12,648	0%	,402	,549
955550103	,381	,030	,052	12,542	0%	,322	,441
951340000	-,249	,021	-,056	-12,069	0%	-,290	-,209
952100301	,502	,042	,046	11,823	0%	,419	,586
952800101	-,237	,020	-,065	-11,648	0%	-,276	-,197
954870104	-,343	,033	-,042	-10,520	0%	-,407	-,279
956800110	-,323	,031	-,043	-10,453	0%	-,384	-,263
952800107	-,429	,043	-,039	-9,982	0%	-,513	-,344
952100101	,362	,038	,037	9,407	0%	,286	,437
950520103	-,297	,032	-,038	-9,382	0%	-,359	-,235
952500102	-,273	,029	-,039	-9,377	0%	-,330	-,216
954280203	,338	,037	,036	9,084	0%	,265	,411
952100201	,573	,064	,034	8,979	0%	,448	,698
952770201	-,196	,023	-,043	-8,640	0%	-,241	-,152
952680113	-,214	,025	-,036	-8,533	0%	-,264	-,165
953710101	-,246	,029	-,035	-8,500	0%	-,303	-,189
954280103	,350	,042	,033	8,376	0%	,268	,431
953920000	-,165	,020	-,039	-8,317	0%	-,203	-,126
956800109	-,255	,031	-,035	-8,269	0%	-,316	-,195
954800102	-,171	,021	-,037	-8,017	0%	-,213	-,129
952800108	-,227	,028	-,035	-8,003	0%	-,283	-,172
954280101	,238	,030	,033	7,957	0%	,180	,297
952030104	,234	,030	,033	7,922	0%	,176	,292
950580000	-,313	,040	-,031	-7,886	0%	-,391	-,236
952680109	-,202	,026	-,034	-7,820	0%	-,253	-,152
953710102	-,229	,030	-,031	-7,532	0%	-,288	-,169
951200000	-,182	,024	-,032	-7,492	0%	-,230	-,134
952800109	-,351	,047	-,030	-7,427	0%	-,443	-,258
954280102	,222	,030	,030	7,366	0%	,163	,282
955550101	,216	,029	,030	7,355	0%	,159	,274
954280201	,239	,034	,029	7,129	0%	,174	,305
955850112	-,267	,038	-,028	-7,086	0%	-,340	-,193
930310601	-,622	,089	-,026	-6,965	0%	-,797	-,447
950520101	-,239	,035	-,027	-6,816	0%	-,308	-,170
950520104	-,253	,038	-,026	-6,703	0%	-,328	-,179
956800105	-,221	,033	-,027	-6,674	0%	-,286	-,156
952770303	-,165	,025	-,031	-6,661	0%	-,213	-,116
954280202	,248	,037	,026	6,611	0%	,174	,321
952680112	-,195	,030	-,027	-6,557	0%	-,254	-,137
955090000	-,202	,031	-,026	-6,465	0%	-,263	-,141
955850101	-,216	,034	-,026	-6,385	0%	-,283	-,150
955850114	-,187	,029	-,026	-6,375	0%	-,244	-,129
955850113	-,241	,038	-,025	-6,329	0%	-,315	-,166
956120000	-,212	,034	-,026	-6,255	0%	-,278	-,146
952500103	-,226	,036	-,025	-6,241	0%	-,297	-,155
952030103	,171	,028	,026	6,178	0%	,117	,226
953940103	-,204	,033	-,025	-6,162	0%	-,269	-,139
954270107	-,253	,042	-,024	-6,076	0%	-,335	-,171

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
951990103	-,214	,035	-,024	-6,024	0%	-,283	-,144
953510103	-,204	,034	-,024	-5,981	0%	-,271	-,137
955630103	,152	,026	,025	5,917	0%	,102	,203
956040000	-,228	,039	-,023	-5,848	0%	-,304	-,151
950181001	-,210	,036	-,023	-5,836	0%	-,280	-,139
953510102	-,176	,030	-,025	-5,835	0%	-,235	-,117
955850115	-,161	,028	-,025	-5,832	0%	-,215	-,107
953510101	-,209	,036	-,023	-5,787	0%	-,280	-,138
954280204	,312	,054	,022	5,777	0%	,206	,418
IRIS_AUTR	-,137	,024	-,025	-5,726	0%	-,183	-,090
955720106	-,156	,027	-,024	-5,712	0%	-,209	-,102
952030105	,155	,027	,024	5,684	0%	,102	,209
955850116	-,139	,025	-,025	-5,642	0%	-,187	-,090
950880000	-,296	,052	-,021	-5,635	0%	-,399	-,193
952030101	,172	,031	,023	5,616	0%	,112	,233
952800110	-,200	,036	-,022	-5,534	0%	-,271	-,129
952770103	-,228	,042	-,022	-5,473	0%	-,310	-,146
953940101	-,166	,030	-,022	-5,451	0%	-,225	-,106
954460000	-,167	,031	-,022	-5,426	0%	-,228	-,107
953130101	,162	,030	,022	5,401	0%	,103	,220
955980107	,156	,029	,022	5,379	0%	,099	,213
950520102	-,299	,056	-,020	-5,378	0%	-,408	-,190
954360000	-,218	,041	-,021	-5,311	0%	-,298	-,137
951160000	-,436	,083	-,020	-5,284	0%	-,598	-,275
956280000	-,178	,034	-,021	-5,240	0%	-,245	-,112
950190103	-,137	,026	-,023	-5,182	0%	-,188	-,085
950190101	-,119	,023	-,025	-5,091	0%	-,164	-,073
950390103	-,122	,024	-,022	-5,015	0%	-,169	-,074
952500104	-,245	,049	-,019	-5,013	0%	-,341	-,149
955980101	,127	,026	,022	4,991	0%	,077	,177
952190401	,137	,028	,021	4,925	0%	,082	,191
950190106	-,144	,029	-,021	-4,894	0%	-,202	-,086
955290000	-,244	,050	-,019	-4,865	0%	-,342	-,145
955820106	,119	,024	,021	4,864	0%	,071	,167
952770403	-,146	,030	-,021	-4,824	0%	-,205	-,087
955000101	-,319	,066	-,018	-4,813	0%	-,449	-,189
955980104	,115	,024	,021	4,785	0%	,068	,162
952680101	-,273	,057	-,018	-4,783	0%	-,385	-,161
950910102	-,123	,026	-,020	-4,754	0%	-,173	-,072
952680108	-,508	,109	-,017	-4,675	0%	-,721	-,295
952500101	-,227	,049	-,018	-4,637	0%	-,322	-,131
954280304	,157	,034	,018	4,613	0%	,090	,223
953060102	-,108	,024	-,020	-4,542	0%	-,154	-,061
955740102	,145	,032	,018	4,509	0%	,082	,208
955980105	,157	,035	,018	4,487	0%	,088	,225
952410000	-,365	,083	-,016	-4,418	0%	-,527	-,203
954880103	-,124	,028	-,018	-4,370	0%	-,180	-,069
955630102	,105	,025	,018	4,234	0%	,056	,154

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
953940102	-,104	,025	-,018	-4,208	0%	-,152	-,055
950190102	-,132	,031	-,018	-4,199	0%	-,193	-,070
953060109	,088	,021	,019	4,170	0%	,047	,130
954270101	-,118	,028	-,017	-4,165	0%	-,174	-,062
953690000	,121	,029	,017	4,154	0%	,064	,178
955720107	-,151	,037	-,016	-4,087	0%	-,223	-,078
950390101	-,122	,030	-,016	-4,059	0%	-,182	-,063
954880106	-,394	,097	-,015	-4,048	0%	-,585	-,203
951970101	,106	,026	,018	4,017	0%	,054	,158
952770401	-,186	,047	-,016	-3,937	0%	-,278	-,093
950910103	-,154	,040	-,015	-3,871	0%	-,231	-,076
956800108	-,258	,067	-,015	-3,866	0%	-,389	-,127
952030109	,109	,028	,016	3,861	0%	,054	,164
955820105	,105	,027	,016	3,832	0%	,051	,158
954240303	-,100	,027	-,016	-3,783	0%	-,152	-,048
950190105	-,096	,026	-,017	-3,683	0%	-,147	-,045
953060101	-,097	,026	-,016	-3,681	0%	-,149	-,045
954910102	,105	,029	,015	3,632	0%	,049	,162
954240401	-,095	,026	-,015	-3,595	0%	-,146	-,043
956800112	-,200	,056	-,014	-3,589	0%	-,309	-,091
956800102	-,103	,029	-,016	-3,587	0%	-,159	-,047
952770302	-,114	,032	-,015	-3,528	0%	-,177	-,050
951490000	-,201	,057	-,013	-3,511	0%	-,313	-,089
950390102	-,099	,029	-,014	-3,442	0%	-,155	-,043
951970104	,116	,034	,014	3,429	0%	,050	,183
956520000	-,210	,061	-,013	-3,420	0%	-,330	-,090
952030110	,096	,028	,014	3,374	0%	,040	,152
951970102	,089	,026	,015	3,367	0%	,037	,141
955720103	-,206	,061	-,013	-3,365	0%	-,326	-,086
955820103	,146	,044	,013	3,342	0%	,060	,232
950600101	-,089	,027	-,014	-3,342	0%	-,141	-,037
954240102	-,081	,024	-,014	-3,322	0%	-,129	-,033
952290101	-,093	,029	-,013	-3,258	0%	-,150	-,037
952190601	,115	,036	,013	3,245	0%	,046	,185
952520108	-,138	,043	-,012	-3,220	0%	-,222	-,054
950910101	-,119	,037	-,013	-3,220	0%	-,191	-,046
952190301	,104	,033	,013	3,206	0%	,041	,168
955820107	,083	,026	,013	3,147	0%	,031	,135
952050101	-,104	,033	-,013	-3,124	0%	-,169	-,039
952030102	,108	,035	,012	3,116	0%	,040	,175
950181003	-,145	,048	-,012	-3,051	0%	-,239	-,052
955550107	,152	,050	,012	3,032	0%	,054	,251
950180204	,296	,098	,011	3,032	0%	,105	,487
954240301	-,094	,031	-,012	-3,031	0%	-,155	-,033
952770202	-,090	,030	-,013	-2,998	0%	-,150	-,031
956070110	-,093	,031	-,012	-2,998	0%	-,155	-,032
950180404	-,090	,030	-,012	-2,988	0%	-,149	-,031
952880102	,089	,030	,013	2,979	0%	,030	,147

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
951970106	-,097	,033	-,012	-2,969	0%	-,162	-,033
955980103	,113	,038	,012	2,937	0%	,037	,188
955740103	,076	,026	,012	2,908	0%	,025	,127
954880102	-,091	,032	-,012	-2,893	0%	-,153	-,029
953940104	-,081	,030	-,011	-2,715	1%	-,140	-,023
952180103	-,122	,045	-,010	-2,692	1%	-,211	-,033
954240302	-,098	,037	-,010	-2,656	1%	-,171	-,026
955270000	-,148	,056	-,010	-2,617	1%	-,258	-,037
951760106	,064	,025	,011	2,591	1%	,016	,113
955390101	,067	,026	,011	2,586	1%	,016	,118
953060104	-,082	,032	-,010	-2,540	1%	-,145	-,019
950260000	-,246	,097	-,009	-2,527	1%	-,437	-,055
950180902	,065	,026	,011	2,525	1%	,015	,116
950180301	-,078	,031	-,010	-2,507	1%	-,139	-,017
950140000	,077	,031	,010	2,499	1%	,017	,137
952770402	-,165	,068	-,009	-2,435	1%	-,297	-,032
950630101	-,169	,069	-,009	-2,434	1%	-,305	-,033
954270105	-,101	,043	-,009	-2,367	2%	-,185	-,017
950180302	-,081	,035	-,009	-2,328	2%	-,150	-,013
950280000	-,109	,047	-,009	-2,326	2%	-,202	-,017
952560000	-,068	,030	-,009	-2,296	2%	-,127	-,010
954270102	-,083	,037	-,009	-2,273	2%	-,155	-,011
954280303	,083	,038	,009	2,215	3%	,010	,157
954800101	-,053	,024	-,010	-2,213	3%	-,099	-,006
955720110	-,170	,077	-,008	-2,198	3%	-,322	-,018
950180101	,078	,036	,009	2,186	3%	,008	,148
952050102	-,076	,035	-,009	-2,163	3%	-,145	-,007
954910104	,053	,024	,009	2,156	3%	,005	,100
950510102	,051	,024	,009	2,137	3%	,004	,097
955850117	-,081	,038	-,009	-2,117	3%	-,156	-,006
951970109	,065	,031	,009	2,080	4%	,004	,127
930310201	,171	,083	,008	2,063	4%	,009	,333
955040000	-,111	,054	-,008	-2,056	4%	-,217	-,005
951970108	,057	,028	,009	2,045	4%	,002	,111
950600103	-,078	,038	-,008	-2,045	4%	-,153	-,003
955390105	-,057	,028	-,009	-2,037	4%	-,112	-,002
954090000	-,157	,078	-,008	-2,027	4%	-,309	-,005
952050103	-,059	,029	-,008	-2,025	4%	-,117	-,002
952290102	-,147	,073	-,007	-2,007	4%	-,290	-,003
950630109	,074	,038	,008	1,955	5%	,000	,148
950510104	,059	,030	,008	1,954	5%	,000	,118
950630111	,051	,026	,008	1,942	5%	,000	,102
950180402	-,086	,044	-,007	-1,938	5%	-,172	,001
954270104	-,066	,034	-,008	-1,933	5%	-,133	,001

Résultats de la mise en œuvre de la MPH autour de l'aéroport de Paris-CDG : cas des appartements

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	8,127	0,028		285,271	0,00	8,071	8,183
ANNEE_2003	0,117	0,006	0,089	20,579	0,00	0,106	0,128
ANNEE_2004	0,278	0,006	0,225	49,743	0,00	0,267	0,289
ANNEE_2005	0,470	0,006	0,383	84,689	0,00	0,459	0,481
ANNEE_2006	0,633	0,006	0,508	113,855	0,00	0,622	0,644
ANNEE_2008	0,731	0,006	0,530	122,705	0,00	0,719	0,743
FEVRIER	0,017	0,008	0,010	2,259	0,02	0,002	0,032
MARS	0,009	0,008	0,005	1,174	0,02	-0,006	0,024
AVRIL	0,021	0,008	0,012	2,856	0,00	0,007	0,036
MAI	0,039	0,008	0,022	5,192	0,00	0,024	0,054
JUIN	0,065	0,007	0,041	9,256	0,00	0,052	0,079
JUILLET	0,082	0,007	0,053	11,718	0,00	0,068	0,096
AOUT	0,089	0,008	0,046	11,182	0,00	0,074	0,105
SEPTEMBRE	0,092	0,007	0,057	12,810	0,00	0,078	0,106
OCTOBRE	0,089	0,008	0,050	11,850	0,00	0,075	0,104
NOVEEMBRE	0,092	0,008	0,043	10,980	0,00	0,075	0,108
DECEMBRE	0,111	0,007	0,067	15,264	0,00	0,096	0,125
EP_1914M	0,025	0,009	0,010	2,750	0,01	0,007	0,043
EP_1970_1981	0,011	0,005	0,010	2,410	0,02	0,002	0,020
EP_1981_1991	0,053	0,006	0,033	8,554	0,00	0,041	0,066
EP_1992_2000	0,119	0,007	0,067	16,936	0,00	0,106	0,133
EP_1992P	0,114	0,024	0,016	4,831	0,00	0,068	0,161
Ln_SURFACE	0,761	0,007	0,605	116,482	0,00	0,748	0,774
SLDB_0	-0,073	0,007	-0,033	-10,035	0,00	-0,087	-0,058
SLDB_2P	0,034	0,008	0,015	4,333	0,00	0,018	0,049
GARAGE_0	-0,067	0,004	-0,068	-16,305	0,00	-0,075	-0,059
GARAGE_2P	0,044	0,007	0,022	6,455	0,00	0,031	0,057
GARAGE_NR	-0,074	0,011	-0,022	-6,640	0,00	-0,096	-0,052
ETAGE_0	-0,019	0,005	-0,017	-3,717	0,00	-0,030	-0,009
ETAGE_2	0,014	0,005	0,012	2,887	0,00	0,005	0,024
Etage_5P	-0,014	0,006	-0,009	-2,230	0,03	-0,026	-0,002
TERRASSE_AVEC	0,032	0,008	0,015	3,935	0,00	0,016	0,049
JARDIN_AVEC	0,058	0,008	0,027	6,876	0,00	0,042	0,075
B_FER	0,020	0,009	0,008	2,178	0,03	0,002	0,037
952100101	0,371	0,017	0,079	21,888	0,00	0,337	0,404
952100501	0,434	0,020	0,075	21,632	0,00	0,395	0,473
952680114	-0,476	0,024	-0,068	-19,995	0,00	-0,523	-0,429
956800111	-0,371	0,019	-0,070	-19,868	0,00	-0,408	-0,335
952100201	0,397	0,020	0,069	19,857	0,00	0,357	0,436
952680108	-0,400	0,021	-0,065	-18,998	0,00	-0,441	-0,358
952680115	-0,872	0,048	-0,058	-18,196	0,00	-0,966	-0,778
952100301	0,419	0,023	0,062	18,164	0,00	0,374	0,464
956800114	-0,482	0,028	-0,057	-17,224	0,00	-0,537	-0,427

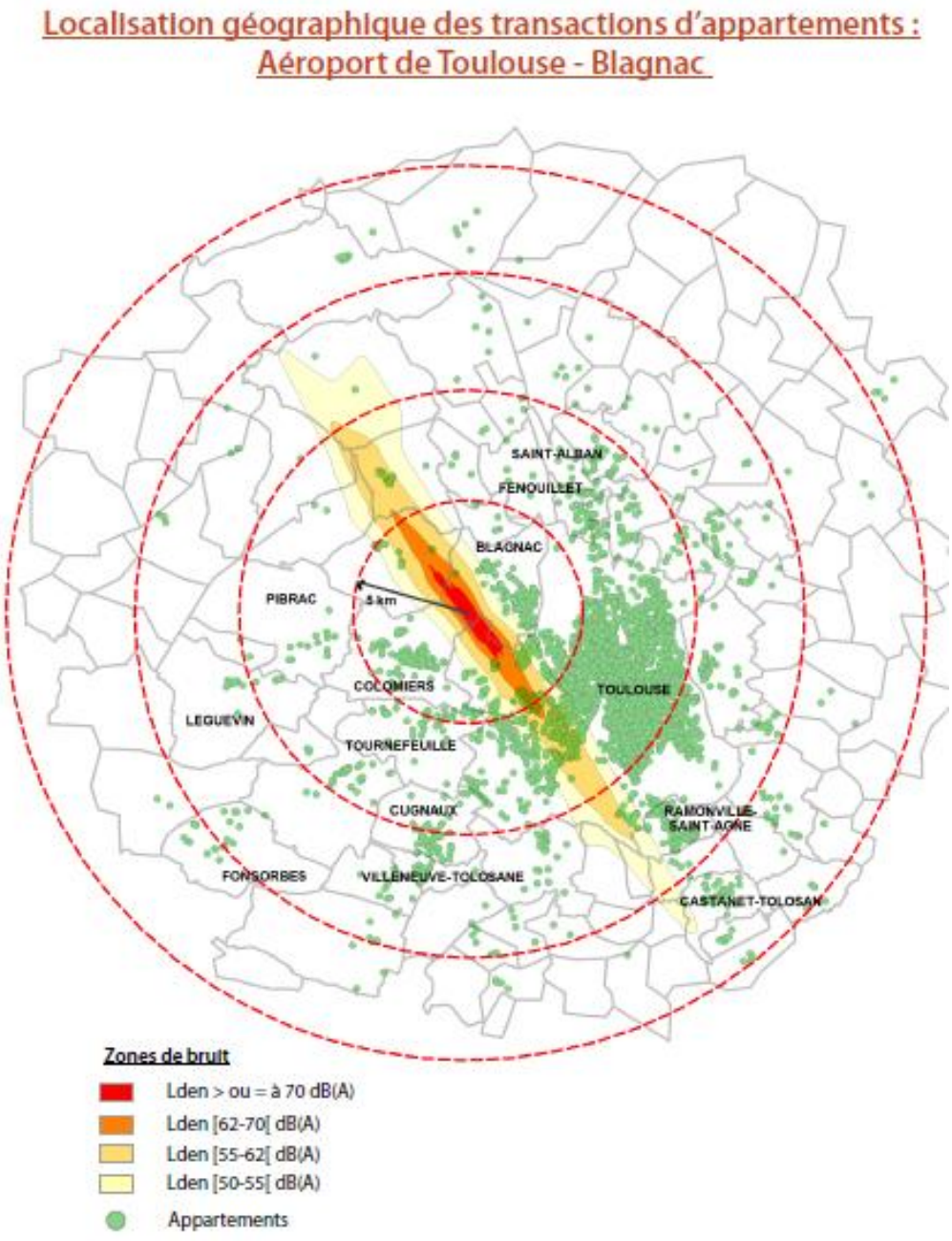
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
954240301	-0,289	0,017	-0,066	-16,593	0,00	-0,324	-0,255
952100401	0,342	0,021	0,055	15,970	0,00	0,300	0,384
952680110	-0,324	0,020	-0,055	-15,932	0,00	-0,364	-0,284
954280101	0,332	0,021	0,055	15,906	0,00	0,291	0,373
950180604	-0,390	0,027	-0,049	-14,674	0,00	-0,442	-0,338
952680102	-0,464	0,032	-0,048	-14,594	0,00	-0,526	-0,402
954280203	0,343	0,024	0,049	14,580	0,00	0,297	0,389
955550103	0,301	0,021	0,050	14,374	0,00	0,260	0,342
955850122	-0,314	0,023	-0,049	-13,946	0,00	-0,358	-0,270
954240302	-0,332	0,024	-0,048	-13,654	0,00	-0,380	-0,284
955850125	-0,278	0,021	-0,049	-13,544	0,00	-0,318	-0,238
956800108	-0,305	0,023	-0,046	-13,325	0,00	-0,349	-0,260
952680107	-0,359	0,027	-0,044	-13,307	0,00	-0,412	-0,306
954280204	0,288	0,022	0,044	12,888	0,00	0,245	0,332
955850121	-0,317	0,026	-0,041	-12,357	0,00	-0,367	-0,267
955850124	-0,321	0,026	-0,042	-12,352	0,00	-0,372	-0,270
954280102	0,379	0,031	0,039	12,056	0,00	0,317	0,441
956800107	-0,279	0,024	-0,040	-11,831	0,00	-0,325	-0,233
956800112	-0,400	0,034	-0,038	-11,658	0,00	-0,468	-0,333
954280103	0,260	0,022	0,039	11,565	0,00	0,216	0,304
955550101	0,250	0,023	0,037	10,881	0,00	0,205	0,295
951760101	0,196	0,018	0,038	10,630	0,00	0,160	0,232
955850118	-0,338	0,032	-0,035	-10,567	0,00	-0,401	-0,275
955980103	0,223	0,021	0,036	10,466	0,00	0,181	0,264
953130101	0,254	0,025	0,035	10,359	0,00	0,206	0,302
954280201	0,312	0,031	0,033	10,037	0,00	0,251	0,373
953690000	0,232	0,023	0,034	9,927	0,00	0,186	0,278
955820106	0,208	0,021	0,033	9,719	0,00	0,166	0,249
955550106	-0,319	0,033	-0,032	-9,692	0,00	-0,383	-0,254
950180605	-0,357	0,038	-0,031	-9,488	0,00	-0,430	-0,283
952680106	-0,313	0,033	-0,031	-9,484	0,00	-0,378	-0,248
955850108	-0,298	0,031	-0,032	-9,467	0,00	-0,360	-0,236
952680109	-0,235	0,026	-0,030	-9,158	0,00	-0,286	-0,185
956800110	-0,179	0,020	-0,031	-8,965	0,00	-0,219	-0,140
951970108	0,151	0,017	0,032	8,762	0,00	0,117	0,185
952190702	0,195	0,022	0,030	8,673	0,00	0,151	0,239
953130105	0,250	0,029	0,028	8,556	0,00	0,193	0,307
952190301	0,228	0,027	0,028	8,456	0,00	0,175	0,281
955850109	-0,444	0,054	-0,026	-8,302	0,00	-0,549	-0,339
954240201	-0,252	0,031	-0,028	-8,213	0,00	-0,313	-0,192
955850102	-0,345	0,042	-0,026	-8,189	0,00	-0,428	-0,263
952680104	-0,374	0,046	-0,026	-8,105	0,00	-0,465	-0,284
952030106	0,168	0,021	0,028	8,037	0,00	0,127	0,209
953130102	0,230	0,029	0,027	8,018	0,00	0,174	0,286
955850120	-0,366	0,046	-0,026	-7,993	0,00	-0,456	-0,276
954280304	0,238	0,030	0,026	7,900	0,00	0,179	0,297
952190601	0,228	0,029	0,026	7,886	0,00	0,171	0,285
950180502	-0,196	0,025	-0,027	-7,795	0,00	-0,245	-0,146

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
955850111	-0,610	0,078	-0,025	-7,784	0,00	-0,764	-0,456
953060105	0,134	0,017	0,030	7,775	0,00	0,100	0,168
955550105	0,152	0,020	0,027	7,756	0,00	0,114	0,191
950180504	-0,260	0,034	-0,026	-7,750	0,00	-0,326	-0,194
952680113	-0,191	0,025	-0,025	-7,570	0,00	-0,240	-0,141
950180603	-0,763	0,103	-0,023	-7,425	0,00	-0,964	-0,561
951970101	0,142	0,019	0,026	7,358	0,00	0,104	0,180
952770103	-0,225	0,031	-0,024	-7,206	0,00	-0,287	-0,164
956070113	0,142	0,020	0,026	7,155	0,00	0,103	0,181
950180501	-0,216	0,030	-0,024	-7,135	0,00	-0,275	-0,157
952680101	-0,465	0,065	-0,022	-7,097	0,00	-0,593	-0,336
956800109	-0,200	0,028	-0,023	-7,027	0,00	-0,256	-0,144
952880102	0,222	0,032	0,023	6,877	0,00	0,159	0,285
956800113	-0,391	0,057	-0,022	-6,814	0,00	-0,504	-0,279
950181001	-0,281	0,041	-0,022	-6,810	0,00	-0,361	-0,200
951760106	0,201	0,030	0,022	6,794	0,00	0,143	0,259
952520109	-0,234	0,035	-0,022	-6,763	0,00	-0,302	-0,166
955630104	0,185	0,027	0,022	6,744	0,00	0,132	0,239
955550104	-0,307	0,046	-0,022	-6,737	0,00	-0,397	-0,218
954240303	-0,388	0,058	-0,021	-6,729	0,00	-0,501	-0,275
955850119	-0,293	0,044	-0,021	-6,713	0,00	-0,379	-0,207
954910103	0,134	0,020	0,022	6,519	0,00	0,093	0,174
953130103	0,188	0,030	0,021	6,389	0,00	0,131	0,246
951970104	0,142	0,022	0,021	6,298	0,00	0,097	0,186
952520112	-0,149	0,024	-0,022	-6,284	0,00	-0,195	-0,102
955820109	0,114	0,018	0,023	6,248	0,00	0,078	0,149
955820103	0,128	0,021	0,021	6,116	0,00	0,087	0,169
955740102	0,270	0,045	0,019	6,052	0,00	0,182	0,357
956070102	0,119	0,020	0,022	6,035	0,00	0,081	0,158
954280302	0,157	0,026	0,020	5,997	0,00	0,106	0,208
952030101	0,182	0,030	0,020	5,987	0,00	0,123	0,242
951970106	-0,152	0,026	-0,020	-5,890	0,00	-0,203	-0,102
951760105	0,159	0,027	0,019	5,877	0,00	0,106	0,212
950180606	-0,231	0,039	-0,019	-5,869	0,00	-0,308	-0,154
955550102	0,117	0,020	0,020	5,843	0,00	0,077	0,156
952520115	0,103	0,018	0,021	5,840	0,00	0,068	0,137
950180403	-0,161	0,028	-0,019	-5,738	0,00	-0,216	-0,106
952190101	-0,273	0,048	-0,018	-5,724	0,00	-0,367	-0,180
951970107	-0,231	0,040	-0,018	-5,721	0,00	-0,311	-0,152
951970102	0,138	0,025	0,019	5,567	0,00	0,089	0,187
954270103	-0,128	0,023	-0,019	-5,557	0,00	-0,173	-0,083
950140000	0,224	0,040	0,018	5,541	0,00	0,144	0,303
952190801	0,283	0,052	0,017	5,458	0,00	0,182	0,385
952030104	0,255	0,047	0,017	5,452	0,00	0,163	0,346
955850123	-0,242	0,045	-0,017	-5,393	0,00	-0,330	-0,154
952570000	0,130	0,025	0,018	5,284	0,00	0,082	0,179
955980107	0,141	0,027	0,017	5,211	0,00	0,088	0,194
954280202	0,103	0,020	0,018	5,187	0,00	0,064	0,142

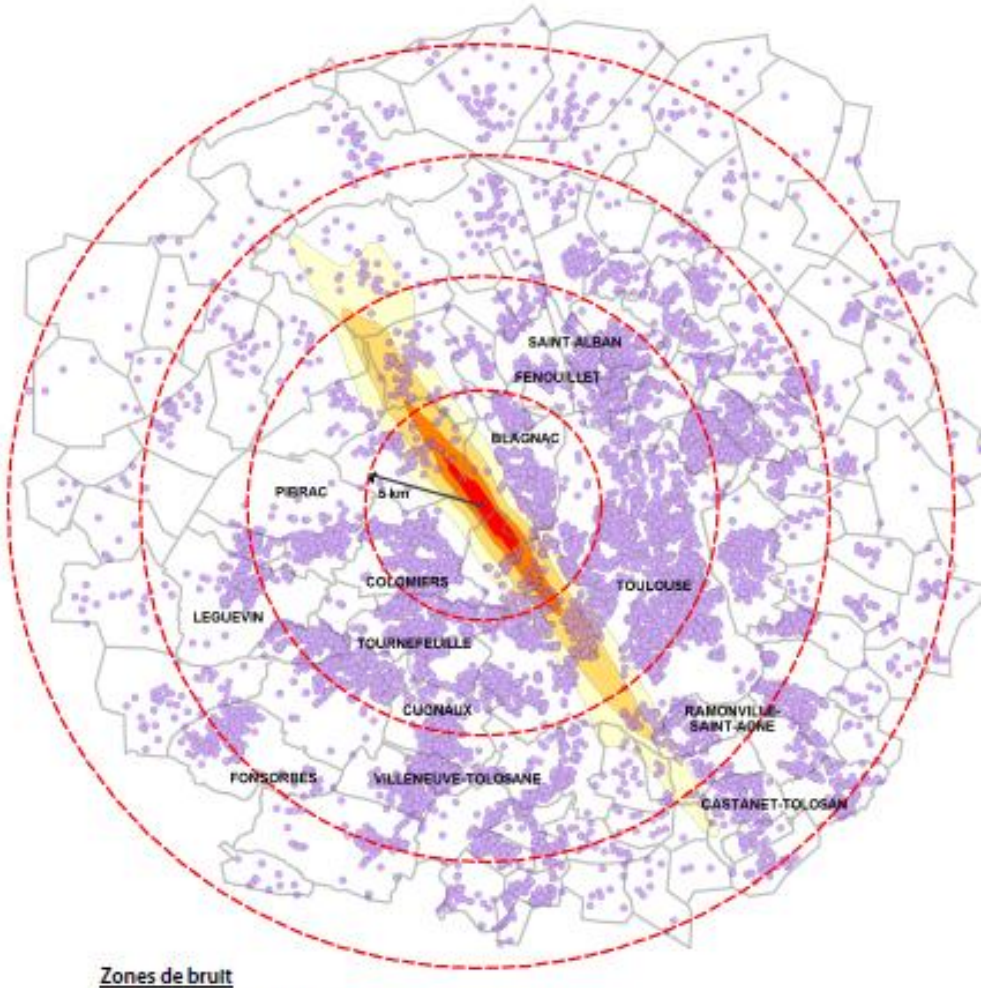
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
955980101	0,221	0,043	0,017	5,167	0,00	0,137	0,304
955550108	0,141	0,028	0,017	5,113	0,00	0,087	0,195
951970105	0,107	0,021	0,017	5,049	0,00	0,066	0,149
952030103	0,189	0,038	0,016	5,014	0,00	0,115	0,264
955740104	0,231	0,047	0,016	4,938	0,00	0,139	0,322
952520113	0,095	0,020	0,017	4,869	0,00	0,057	0,134
952520103	0,136	0,028	0,016	4,864	0,00	0,081	0,191
952190701	0,189	0,039	0,016	4,862	0,00	0,113	0,266
952880101	0,116	0,024	0,017	4,797	0,00	0,069	0,164
954280303	0,241	0,050	0,015	4,783	0,00	0,142	0,339
954270105	-0,123	0,026	-0,016	-4,764	0,00	-0,174	-0,073
952520101	0,091	0,019	0,016	4,679	0,00	0,053	0,129
952030102	0,099	0,022	0,016	4,568	0,00	0,057	0,142
950180503	-0,163	0,036	-0,015	-4,537	0,00	-0,234	-0,093
955850117	-0,235	0,052	-0,014	-4,516	0,00	-0,338	-0,133
955850106	-0,350	0,078	-0,014	-4,482	0,00	-0,503	-0,197
955390102	0,092	0,021	0,015	4,315	0,00	0,050	0,134
955820104	0,117	0,027	0,014	4,281	0,00	0,063	0,171
954910102	0,115	0,027	0,014	4,252	0,00	0,062	0,168
952030105	0,168	0,040	0,014	4,238	0,00	0,090	0,246
955630103	0,082	0,019	0,015	4,234	0,00	0,044	0,119
955980104	0,173	0,041	0,014	4,227	0,00	0,093	0,254
954240102	-0,201	0,049	-0,013	-4,081	0,00	-0,297	-0,104
956800102	-0,100	0,025	-0,014	-4,070	0,00	-0,148	-0,052
955850101	-0,252	0,063	-0,013	-4,025	0,00	-0,375	-0,129
955820110	0,091	0,023	0,013	3,916	0,00	0,046	0,137
952030109	0,150	0,038	0,013	3,901	0,00	0,075	0,225
951760104	0,111	0,029	0,013	3,896	0,00	0,055	0,167
955850110	-0,229	0,060	-0,012	-3,839	0,00	-0,346	-0,112
950600102	0,114	0,030	0,013	3,814	0,00	0,055	0,172
955850105	-0,139	0,037	-0,012	-3,749	0,00	-0,212	-0,066
953060106	0,082	0,022	0,013	3,695	0,00	0,038	0,125
952520111	0,088	0,024	0,012	3,643	0,00	0,041	0,136
955390101	0,128	0,035	0,012	3,624	0,00	0,059	0,196
952190103	-0,150	0,042	-0,011	-3,587	0,00	-0,232	-0,068
952800107	-0,254	0,073	-0,011	-3,480	0,00	-0,397	-0,111
952190401	0,127	0,037	0,011	3,419	0,00	0,054	0,200
956070107	-0,222	0,066	-0,011	-3,376	0,00	-0,351	-0,093
952800106	-0,198	0,060	-0,010	-3,319	0,00	-0,315	-0,081
955820108	-0,059	0,018	-0,012	-3,287	0,00	-0,095	-0,024
950600101	0,155	0,048	0,010	3,229	0,00	0,061	0,249
955820105	0,153	0,048	0,010	3,206	0,00	0,059	0,247
956070105	-0,068	0,021	-0,011	-3,195	0,00	-0,109	-0,026
952520107	-0,067	0,021	-0,011	-3,161	0,00	-0,108	-0,025
952030110	0,217	0,069	0,010	3,158	0,00	0,082	0,352
950510102	0,113	0,036	0,010	3,143	0,00	0,043	0,184
951760102	0,085	0,028	0,010	3,051	0,00	0,030	0,140
952290104	0,077	0,025	0,010	3,023	0,00	0,027	0,126

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
951970109	0,100	0,033	0,010	2,997	0,00	0,035	0,165
955270000	0,127	0,043	0,010	2,996	0,00	0,044	0,211
951990101	0,082	0,028	0,010	2,949	0,00	0,027	0,136
956070108	-0,049	0,017	-0,011	-2,924	0,00	-0,083	-0,016
952520106	0,085	0,029	0,010	2,897	0,00	0,027	0,142
952520114	0,066	0,023	0,010	2,879	0,00	0,021	0,111
955740103	0,238	0,084	0,009	2,832	0,00	0,073	0,402
950180204	0,064	0,023	0,010	2,808	0,00	0,019	0,109
950510104	0,127	0,046	0,009	2,769	0,01	0,037	0,217
956800101	-0,180	0,065	-0,009	-2,765	0,01	-0,308	-0,052
954880102	-0,093	0,035	-0,009	-2,688	0,01	-0,161	-0,025
950630108	0,068	0,025	0,009	2,674	0,01	0,018	0,117
950181003	-0,097	0,036	-0,009	-2,669	0,01	-0,169	-0,026
954910104	0,126	0,048	0,008	2,652	0,01	0,033	0,220
953130104	0,146	0,055	0,008	2,625	0,01	0,037	0,254
953060108	0,241	0,092	0,008	2,618	0,01	0,061	0,422
950180902	0,063	0,024	0,009	2,587	0,01	0,015	0,111
952520102	0,073	0,029	0,008	2,542	0,01	0,017	0,129
954870101	-0,067	0,027	-0,009	-2,533	0,01	-0,119	-0,015
952190501	0,088	0,035	0,008	2,528	0,01	0,020	0,156
956800104	-0,229	0,092	-0,008	-2,492	0,01	-0,410	-0,049
955630102	0,229	0,092	0,008	2,492	0,01	0,049	0,410
956070111	-0,079	0,032	-0,008	-2,433	0,02	-0,142	-0,015
952050102	0,095	0,040	0,008	2,362	0,02	0,016	0,175
952770501	-0,084	0,038	-0,011	-2,248	0,02	-0,158	-0,011
953060107	0,096	0,043	0,007	2,238	0,03	0,012	0,180
950180801	0,139	0,062	0,007	2,231	0,03	0,017	0,261
950630101	-0,264	0,119	-0,007	-2,231	0,03	-0,497	-0,032
952190202	-0,052	0,023	-0,008	-2,208	0,03	-0,097	-0,006
950180405	-0,185	0,084	-0,007	-2,200	0,03	-0,350	-0,020
950181002	-0,076	0,035	-0,007	-2,184	0,03	-0,144	-0,008
952520110	-0,042	0,019	-0,008	-2,166	0,03	-0,079	-0,004
954270106	-0,053	0,025	-0,007	-2,133	0,03	-0,101	-0,004
951760103	0,067	0,032	0,007	2,106	0,04	0,005	0,130
950190103	0,109	0,052	0,007	2,088	0,04	0,007	0,211
956070103	0,090	0,044	0,007	2,052	0,04	0,004	0,176
951990105	0,118	0,058	0,007	2,049	0,04	0,005	0,231
950630103	0,050	0,025	0,007	2,042	0,04	0,002	0,098
954870103	-0,122	0,060	-0,006	-2,033	0,04	-0,240	-0,004
950510101	0,042	0,021	0,007	1,991	0,05	0,001	0,083
952880103	0,059	0,029	0,007	1,990	0,05	0,001	0,116
952030108	0,034	0,018	0,007	1,945	0,05	0,000	0,069
952290103	-0,066	0,034	-0,006	-1,944	0,05	-0,132	0,001
955820107	0,150	0,078	0,006	1,932	0,05	-0,002	0,303
B_50_55	-0,042	0,008	-0,044	-5,572	0,000	-0,057	-0,027
B_56_62	-0,072	0,011	-0,053	-6,735	0,000	-0,094	-0,051

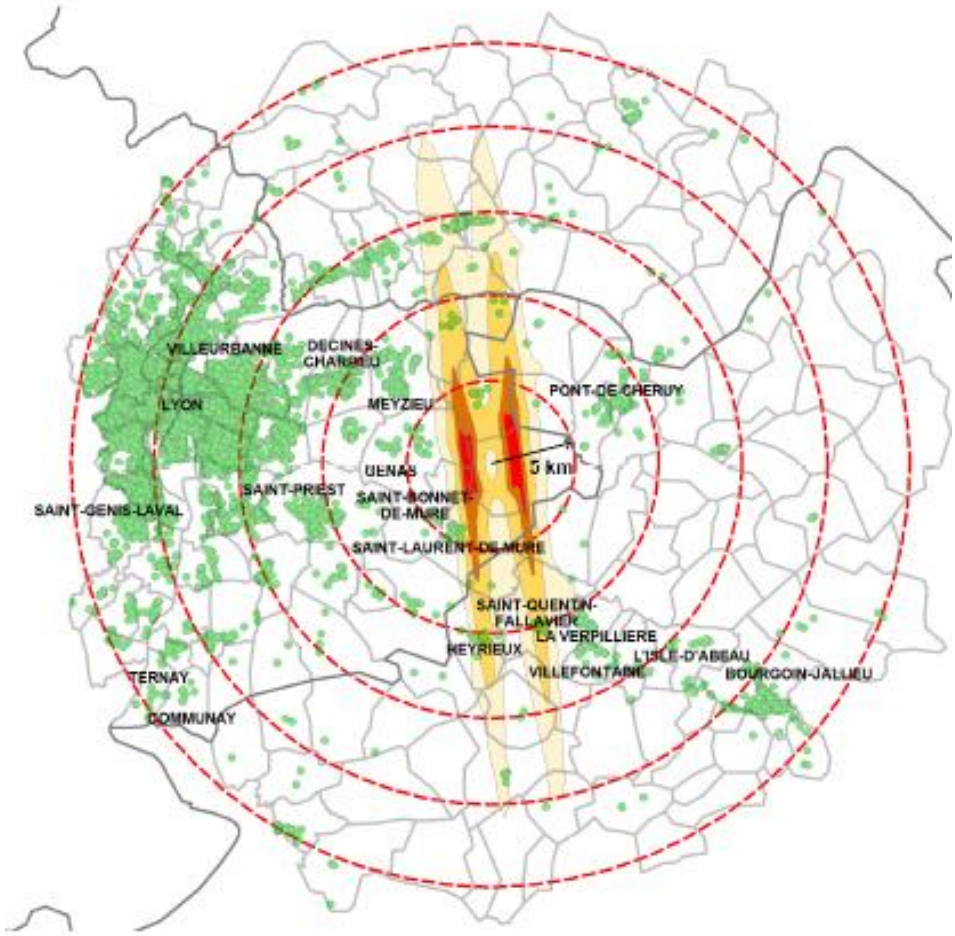
ANNEXE 9 : Localisation des transactions autour de Toulouse-Blagnac et Lyon-Saint-Exupéry



Localisation géographique des transactions de maisons : Aéroport de Toulouse - Blagnac



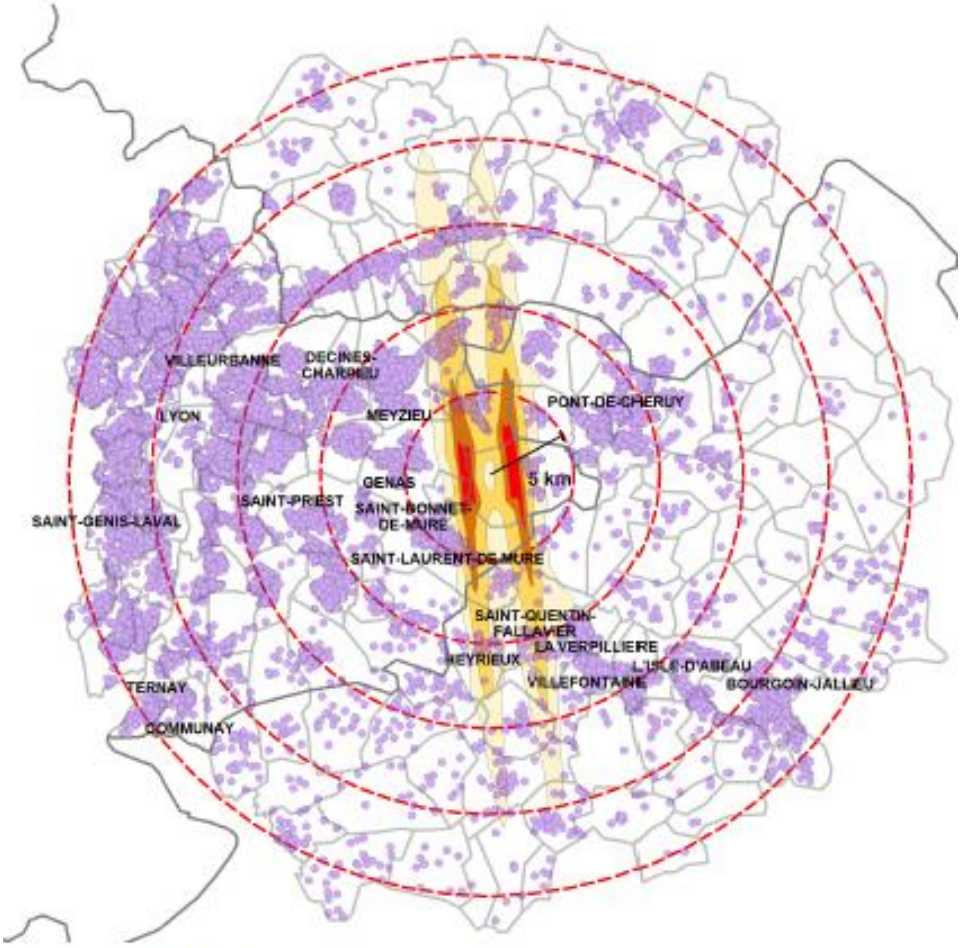
Localisation géographique des transactions d'appartements : Aéroport de Lyon - Saint-Exupéry



Zones de bruit

- Lden > ou = à 70 dB(A)
- Lden [62-70[dB(A)
- Lden [55-62[dB(A)
- Lden [50-55[dB(A)
- Appartements

Localisation géographique des transactions de maisons : Aéroport de Lyon - Saint-Exupéry



Zones de bruit

- Lden > ou = à 70 dB(A)
- Lden [62-70[dB(A)
- Lden [55-62[dB(A)
- Lden [50-55[dB(A)
- Maisons

ANNEXE 9: Questionnaire type d'enquête auprès des ménages

QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE AUPRES DES MENAGES

N° Questionnaire : __/__/__ Zone de bruit auquel le domicile est soumis : zone……..

Présentation de l'enquête
Bonjour monsieur, madame. Je suis chercheur à l'Université de Cergy-Pontoise. Nous réalisons une enquête sur la mobilité résidentielle et la qualité de l'environnement dans les communes situées à proximité d'un aéroport. Le questionnaire ne dure que quelques minutes, les réponses resteront totalement confidentielles, acceptez-vous d'y participer ?

Si non,

Peut-on vous rappeler plus tard, il est important que vous acceptiez de nous donner votre avis

1. Caractéristiques de la personne remplissant le questionnaire

Homme □1	Femme □2	Année de naissance : ……..	Prénom :……
N° de tél :……		Adresse : …… …… ……	

PARTIE I : MOBILITE RESIDENTIELLE

I.A. Parcours résidentiels

1. Lieu de résidence actuelle :

Commune : …….....	Département : …… …

2. Date d'emménagement dans le logement actuel : |……|

3. Lieu de résidence précédente :

Commune : …….....	Département : …… …

4. Date d'emménagement dans le logement précédent : |……|

5. Quel est votre actuel statut d'occupation ? Quel était votre précédent statut d'occupation ? (cochez la réponse adéquate) :

	a. Actuel	b. Précédent
Propriétaire	□1	□1
Locataire du privé	□2	□2
Propriétaire en cours d'accession	□3	□3
Locataire HLM	□4	□4
Logé gratuitement	□5	□5
Autre	□6	□6

6. De quel type est votre actuel logement ? De quel type était votre précédent logement ? (cochez la réponse adéquate)

	c. Actuel	d. Précédent
Pavillon avec jardin	□1	□1
Pavillon sans jardin	□2	□2
Logement dans du « petit collectif » (moins de 5 étages)	□3	□3
Logement dans du grand collectif	□4	□4
Autre	□5	□5

I.B. Critères de choix du logement et du quartier

1. Parmi ces raisons, certaines vous ont incité(e) à quitter votre logement précédent. Graduez de 1 à 5 en fonction de leur importance :

		Insignifiant	**Faible importance**	**Ceci a joué**	**Raison importante**	**Raison déterminante**
a)	Changement d'environnement	1	2	3	4	5
b)	Nouvel emploi, mutation	1	2	3	4	5
c)	Retraite	1	2	3	4	5
d)	Rapprochement du lieu de travail	1	2	3	4	5
e)	Rapprochement de l'école	1	2	3	4	5
f)	Rapprochement de la famille, retour dans la région d'origine	1	2	3	4	5
g)	Mariage ou mise en couple	1	2	3	4	5
h)	Divorce, veuvage, séparation	1	2	3	4	5
i)	Départ de chez les parents ou désir d'autonomie	1	2	3	4	5
j)	Le voisinage ne convient pas	1	2	3	4	5
k)	Désir d'un logement de meilleure qualité	1	2	3	4	5
l)	Besoin d'un logement plus grand	1	2	3	4	5
m)	Devenir propriétaire	1	2	3	4	5
n)	Désir d'un logement moins cher	1	2	3	4	5
o)	Déménagement contraint	1	2	3	4	5
p)	Désir d'une meilleure qualité de cadre de vie	1	2	3	4	5

q)	La sécurité	1	2	3	4	5
r)	Autres - précisez : ……..	1	2	3	4	5

2. Parmi ces multiples critères, quels sont ceux qui furent déterminants dans le choix de votre actuel logement ? Pouvez-vous indiquer les deux critères les plus importants ?

		1er choix	**2ème choix**
a)	La superficie du logement		
b)	Le confort du logement		
c)	Le type appartement de logement		
d)	Le type maison du logement		
e)	Le nombre de pièces		
f)	La décoration intérieure		
g)	La localisation de l'étage de l'appartement		
h)	Le prix du logement ou le montant du loyer		
i)	La présence de garage		
j)	La bonne isolation phonique du logement		
k)	La fonctionnalité		
l)	Les conditions générales du logement		
m)	Autres – préciser : ……		

3. Parmi ces multiples critères, quels sont ceux qui furent déterminants dans le choix de votre actuel quartier? Pouvez-vous indiquer les deux critères les plus importants ?

		1er choix	**2ème choix**
a)	La proximité de l'aéroport		
b)	L'aspect général du quartier		
c)	La distance par rapport au lieu de travail		
d)	La proximité d'un membre de la famille		
e)	La proximité des services publics, des commerces, etc.		
f)	La proximité des équipements d'accueil des enfants (écoles, crèches, etc.)		
g)	La densité du bâti et la qualité architecturale dans le quartier (le type d'habitation, la qualité des bâtiments, etc.)		
h)	Le voisinage social		
i)	La proximité des espaces verts		
j)	La taxe locale		
k)	La sécurité		
l)	Le cachet		
m)	L'attachement		
n)	La proximité des transports en commun		
o)	Faible bruit de trafic routier		
p)	Faible bruit de trafic aérien		
q)	Faible bruit de trafic ferroviaire		
r)	La qualité de l'air locale		
s)	Le prix		
t)	Autres – préciser : …….	□	□

4. Avant votre choix définitif, d'autres logements ont probablement retenu votre attention. Pour 5 d'entre eux, indiquez leur localisation, leur type, ainsi que les raisons de votre refus. Classez les logements du plus au moins intéressant.

	Commune	**Type de logement**	**Raisons du refus**
n°1	▪ ……..	▪ ……..	▪ ……..
n°2	▪ ……..	▪ ……..	▪ ……..
n°3	▪ ……..	▪ ……..	▪ ……..
n°4	▪ ……..	▪ ……..	▪ ……..
n°5	▪ ……..	▪ ……..	▪ ……..

5. Lors de votre recherche, étiez-vous particulièrement attiré par certaines communes ? Pouvez-vous classer de 1 à 5 celles qui vous plaisaient le plus ?

	Nom de la commune	**Raison de l'attirance pour celle-ci**
n°1	▪ ……	▪ ……
n°2	▪ ……	▪ ……
n°3	▪ ……	▪ ……
n°4	▪ ……	▪ ……
n°5	▪ ……	▪ ……

6. Lors de votre recherche, refusiez-vous particulièrement certaines communes ? Pouvez-vous classer par ordre d'importance celles qui vous plaisaient le moins ?

	Nom de la commune	**Raison du refus pour celle-ci**
n°1	▪ ……	▪ ……
n°2	▪ ……	▪ ……
n°3	▪ ……	▪ ……
n°4	▪ ……	▪ ……
n°5	▪ ……	▪ ……

7. De quelle aide avez-vous bénéficié dans votre démarche de prospection ? Pouvez-vous graduer ces diverses possibilités en fonction de leur importance ?

		Insignifiant	**Faible importance**	**Ceci a joué**	**Raison importante**	**Raison déterminante**
a)	Recours à une agence immobilière	1	2	3	4	5
b)	Recours à l'aide de la famille	1	2	3	4	5
c)	Recours à l'aide des amis	1	2	3	4	5
d)	Recours aux journaux spécialisés	1	2	3	4	5
e)	Prospection personnelle sur place	1	2	3	4	5
f)	Autres moyens – précisez : ……	1	2	3	4	5

8. Au moment de votre recherche de logement, vous êtes-vous préoccupé(e) de l'exposition au bruit du logement ?

Oui □1	Non □2	Sans objet (j'ai toujours habité ici) □99

Si oui,

9. Comment avez-vous obtenu les informations sur l'exposition au bruit du logement?

a)	Lors des différentes visites du logement	□
b)	Auprès des agences immobilières	□
c)	Par les voisins	□
d)	Par les membres de la famille ou les amis	□
e)	Auprès des services administratifs locaux	□
f)	Dans la presse locale	□
g)	Autres - Préciser : ……	□

10. Au moment de l'acquisition de votre logement, connaissez-vous l'existence du plan d'exposition au bruit (PEB) ?

Oui □1	Non □2	Sans objet (j'ai toujours habité ici) □99

I.C. Satisfaction à l'égard du logement et du quartier

11. Avez-vous aujourd'hui le sentiment d'être chez vous dans cette commune ?

Tout à fait	□	1
Plutôt oui	□	2
Plutôt non	□	3
Ne se prononce pas	□	4
Sans opinion	□	99

12. Avez-vous le sentiment d'avoir choisi le quartier où vous vivez ?

Tout à fait	□	1
Plutôt oui	□	2
Plutôt non	□	3
Ne se prononce pas	□	4
Sans opinion	□	99

13. Pourquoi ? Pouvez-vous justifier votre réponse en quelques mots ?

14. Dans votre actuel lieu de résidence, quelles sont vos satisfactions essentielles ? Pouvez-vous fournir cinq réponses, en hiérarchisant de la plus forte à la plus faible ?

n°1	
n°2	
n°3	
n°4	
n°5	

15. Dans votre actuel lieu de résidence, quels sont vos mécontentements essentiels ? Pouvez-vous fournir cinq réponses, en hiérarchisant de la plus forte à la plus faible ?

n°1	
n°2	
n°3	
n°4	
n°5	

16. Pouvez-vous évaluer votre degré de satisfaction à l'égard de votre logement ?

Pas satisfait du tout	Peu satisfait	Moyennement satisfait	Satisfait	Très satisfait
□1	□2	□3	□4	□5

17. Pouvez-vous évaluer votre degré de satisfaction à l'égard de votre quartier?

Pas satisfait du tout	Peu satisfait	Moyennement satisfait	Satisfait	Très satisfait
□1	□2	□3	□4	□5

PARTIE II : EVALUATION DE LA NUISANCE SONORE

II. A. Sensibilité de l'individu aux problèmes environnementaux et au bruit.

18. Voici quelques problèmes spécifiques à une ville. Pouvez-vous donner votre avis pour chacun d'eux en indiquant si c'est très important, important, peu important ou pas important ?

		Très important	**Important**	**Peu important**	**Pas important**	**Ne sais pas (ne pas citer)**
a.	Les nuisances liées aux trafics	1	2	3	4	5
b.	Le chômage	1	2	3	4	5
c.	Le traitement des déchets	1	2	3	4	5
d.	Le manque d'espaces verts	1	2	3	4	5
e.	La qualité de l'eau	1	2	3	4	5
f.	La délinquance	1	2	3	4	5

19. Trouvez-vous que les problèmes d'environnement sont :

Pas important du tout	Peu important	Moyennement important	Important	Très important
□1	□2	□3	□4	□5

20. Voyons à présent quelques problèmes d'environnement dû aux transports aériens. Quelle importance attribuez-vous à chacun d'eux ?

		Très important	**Important**	**Peu important**	**Pas important**	**Ne sais pas (ne pas citer)**
a)	La pollution de l'air	1	2	3	4	5
b)	Le bruit du trafic	1	2	3	4	5
c)	L'insécurité liée au trafic	1	2	3	4	5
d)	Les odeurs liées au trafic	1	2	3	4	5
e)	Autres – Précisez : …….	1	2	3	4	5

21. Comment qualifierez-vous votre environnement sonore ?

Pas du tout bruyant	Légèrement bruyant	Moyennement bruyant	beaucoup bruyant	Extrêmement bruyant
□1	□2		□3	□4

22. De manière générale, *estimez-vous* être *sensible au bruit* ?

Pas du tout sensible	Légèrement sensible	Moyennement sensible	Beaucoup sensible	Extrêmement sensible
□1	□2		□3	□4

23. Quelle est la source de bruit qui vous gêne le plus ?

a)	Le bruit routier	
b)	Le bruit ferroviaire	
c)	Le bruit aérien	
d)	Le bruit du voisinage (domestique, école, alarme etc.)	
e)	Le bruit des installations (chantiers, entreprises, conditionnement d'air, etc.)	
f)	Autres – Précisez : …….	

24. Diriez-vous que le bruit des avions :

		Jamais	**Parfois**	**Souvent**	**Toujours**
a)	Perturbe votre sommeil	1	2	3	4
b)	Perturbe le sommeil de personnes qui vivent avec vous	1	2	3	4
c)	Influence sur l'écoute de la radio ou de la télévision	1	2	3	4
d)	Perturbe vos moments de détente/relaxation	1	2	3	4
e)	Perturbe votre lecture	1	2	3	4
f)	Influence sur l'ouverture de vos fenêtres	1	2	3	4
g)	Influence sur l'utilisation de votre jardin, balcon, terrasse	1	2	3	4
h)	Vous fait sursauter	1	2	3	4
i)	Vous a poussé à utiliser différemment les pièces de votre logement	1	2	3	4

II.B. La crainte

25. Pensez Pensez-vous que l'avion soit un moyen de transport :

Pas sécurisant	Peu sécurisant	Moyennement sécurisant	Sécurisant	Très sécurisant
□1	□2	□3	□4	□5

II.D. Attitude générale

26. Parmi les actions suivantes, qu'est ce que vous avez fait (comptez faire) pour vous adapter au bruit des avions ?

a)	Déposer des plaintes ou téléphoner à l'organisme compétent	
b)	Faire partie d'une association	
c)	Signer une liste de protestation	
d)	Investir pour renforcer l'isolation acoustique du logement	
e)	Modifier l'usage des pièces de votre logement	
f)	Fermer les fenêtres	
g)	Penser à déménager	
h)	S'isoler dans une pièce calme	
i)	Prendre des médicaments	
j)	Utiliser des boules quiès	
k)	Autres (précisez)	

27. Etes-vous personnellement engagé(e) dans une parti politique, un syndicat ?

		Oui (1)	Non (2)	NSP
a)	Parti politique à préciser :…….	□	□	□
b)	Syndicat …….	□	□	□

28. Appartenez-vous à des associations de lutte contre le bruit ?

Oui □1	Non □2	NSP □3

29. ***Si oui***, quelle association ?

……

30. ***Si non***, vous sentez-vous proche de telles associations ?

Oui □1	Non □2	NSP □3

II.F. Les nuisances sonores

31. Pensez aux 12 derniers mois, lorsque vous êtes chez-vous, de quelle façon êtes-vous gênés par le bruit des avions : pas du tout, légèrement, moyennement, beaucoup ou extrêmement gêné(é) pendant :

	a) Le matin (6h – 8h)	b) La journée (8h -18h)	c) La soirée (18h – 22h)	d) La nuit (22h – 6h)
Pas du tout gêné	1	2	3	4
Légèrement gêné	1	2	3	4
Moyennement gêné	1	2	3	4
Beaucoup gêné	1	2	3	4
Extrêmement gêné	1	2	3	4

32. Fenêtre ouverte, lorsque vous êtes chez-vous en train de vous reposer, de quelle façon êtes-vous gêné par le bruit des avions : par d pas du tout, légèrement, moyennement, beaucoup ou extrêmement gênant pendant :

	a) Le matin (6h – 8h)	b) La journée (8h -18h)	c) La soirée (18h – 22h)	d) La nuit (22h – 6h)
Pas du tout gêné	1	2	3	4
Légèrement gêné	1	2	3	4
Moyennement gêné	1	2	3	4
Beaucoup gêné	1	2	3	4
Extrêmement gêné	1	2	3	4

33. Fenêtre fermée, lorsque vous êtes chez-vous en train de vous reposer, de quelle façon êtes-vous gêné par le bruit des avions : par d pas du tout, légèrement, moyennement, beaucoup ou extrêmement gênant pendant :

	a) Le matin (6h – 8h)	b) La journée (8h -18h)	c) La soirée (18h – 22h)	d) La nuit (22h – 6h)
Pas du tout gêné	1	2	3	4
Légèrement gêné	1	2	3	4
Moyennement gêné	1	2	3	4
Beaucoup gêné	1	2	3	4
Extrêmement gêné	1	2	3	4

34. Dans la liste suivante, quels sont les éléments gênants pour vous ? Répondez par oui ou non et classez votre réponse selon un ordre croissant :

		Oui (1)	Non (2)	Classement
a)	Passage des avions trop fréquent			
b)	Altitude trop basse des survols			
c)	Niveau de bruit trop élevé lors du passage d'un avion			
d)	Condition générale de l'environnement sonore à cause des avions			
e)	Autres – précisez : ……			

II.G. Effets sur la santé

35. Estimez-vous que le bruit des avions a des effets sur votre santé ou celle de votre famille (ou toutes autres personnes qui vivent avec vous)

Oui □1 Non □1

Si oui,

36. Quels sont ces effets ?

	Pour vous	Pour un ou plusieurs membres de votre famille
a) Angoisse, inquiétude	□	□
b) Stress	□	□
c) Fatigue	□	□
d) Nervosité	□	□
e) Diminution des performances	□	□
f) Hypertension artérielle	□	□
g) Problème cardio-vasculaire	□	□
h) Maux de tête, de jambes ou d'estomac	□	□
i) Problème de sommeil	□	□
j) Prise de médicament(s)	□	□
k) Autres (précisez)	□	□

37. Les problèmes de santé dont vous parlez vous ont-ils amené à recevoir des soins médicaux (médicaments, soutien psychologique, etc.).

Oui □1 Non □2

*Si **oui**,*

38. quel est le coût global annuel occasionné par ces soins ?

…….. (euros)

II.E La confiance ou méfiance dans les pouvoirs publics

39. Pensez-vous que réduire les nuisances sonores provoquées par les avions est :

Pas important du tout	Peu important	Moyennement important	Important	Très important
□1	□2	□3	□4	□5

40. Les actions menées par les pouvoirs publics en matière de lutte contre les nuisances sonores dues aux avions vous ont jusqu'à aujourd'hui :

Pas satisfait du tout	Peu satisfait	Moyennement satisfait	Satisfait	Très satisfait
□1	□2	□3	□4	□5

41. Qui devrait, selon vous, être concerné afin de mieux réduire les nuisances dues au bruit des avions et de quelle manière pensez-vous qu'ils soient concernés. Entourez la réponse adéquate.

	Pas concerné(es) (1)	**Peu concerné(es) (2)**	**Moyennement concerné (es) (3)**	**Concerné(es) (4)**	**Très concerné(es) (5)**
a) Les constructeurs d'avions					
b) Les compagnies aériennes					
c) Les exploitants de l'aéroport					
d) Les autorités locales					
e) L'Etat					

f)	Les autorités de surveillance de bruit					
g)	Autres (à préciser ci-dessous) :…… ……					

42. Voici une liste de mesures qui permettent de réduire les gênes dues au bruit des avions. Pour chacune d'entre elles, indiquez si vous la jugez : inutile, secondaire, importante mais par prioritaire, plutôt prioritaire, tout à fait prioritaire

		Inutile (1)	**Secondaire (2)**	**Importante mais pas prioritaire (3)**	**Plutôt prioritaire (4)**	**Tout à fait prioritaire (5)**	**Sans opinion (99**
a)	Investir dans les nouvelles technologies pour émettre moins de bruit						
b)	Investir dans les nouvelles technologies pour mieux protéger les habitations du bruit						
c)	Compensation financière pour la dépréciation du prix des biens immobiliers						
d)	Augmenter le prix du billet d'avion pour financer des mesures de protection des riverains contre le bruit						
e)	Politique d'information transparente						
f)	Prime de déménagement						
g)	Interdire les vols de nuit						
h)	Déplacer l'aéroport						
i)	Eloigner les trajectoires des zones les plus denses.						
j)	Arrêter l'extension et le développement de l'aéroport						
k)	Compensation pour les coûts sanitaires du bruit (coût des médicaments, soutien psychologique…)						
l)	Limiter le nombre d'atterrissages et de décollages						
m)	Autres mesures (à préciser ci-dessous) : …… ……						

PARTIE III : NUISANCES SONORES ET SENTIMENT D'INEGALITE ENVIRONNEMENTALE

III.A. La perception globale de l'injustice dans la société

43. Aujourd'hui, diriez-vous que notre société est … ?

Une société très juste	Une société assez juste	Une société assez injuste	Une société très injuste	Sans opinion

□1 □2 □3 □4 □99

III.B. Les types d'inégalités perçus comme les plus injustes

44. Et plus particulièrement dans notre pays, parmi les inégalités suivantes, quelles sont les deux qui vous semblent les plus injustes ?

		1er	2eme
a)	Les inégalités de salaires		
b)	Les inégalités en matière d'accès aux soins		
c)	Les inégalités de patrimoine		
d)	Les inégalités d'accès à un logement		
e)	Les inégalités entre les (nationalité) et les immigrés		
f)	Les inégalités d'accès à l'éducation		
g)	Les inégalités face aux nuisances et risques environnementaux		

III.C. Le jugement sur la possibilité ou non de lutter véritablement contre les inégalités environnementales

45. Parmi ces deux opinions, de laquelle vous sentez vous le/la plus proche ?

a)	Il est possible de lutter véritablement contre les inégalités face aux nuisances et risques environnementaux	
b)	Il n'est pas possible de lutter véritablement contre les inégalités face aux nuisances et risques environnementaux	

III.D. Les effets perçus des politiques publiques en matière d'inégalités entre les individus

46. Vous personnellement, pensez que les actions menées par les pouvoirs publics en matière de lutte contre le bruit des avions contribuent plutôt à... ?

a)	Accroître les inégalités environnementales entre les riches et les pauvres	
b)	Réduire les inégalités environnementales entre les riches et les pauvres	

47. Pouvez-vous justifier votre réponse en quelques mots ?

PARTIE 3 : NUISANCE SONORE ET PROJET DE MOBILITE

48. Avez-vous déjà envisagé de déménager d'ici à cause du bruit des avions?

Oui □1	Non □2	Sans opinion □99

49. ***Si non***, pour quelles raisons ?

50. Si le pouvoir public vous proposait une prime pour déménager dans un logement non exposé au bruit des avions, accepteriez-vous de partir ?

Oui certainement	
Oui probablement	
Non probablement pas	
Non certainement pas	
Ne sais pas	

51. Que demanderiez-vous ou combien demanderiez-vous en contrepartie pour déménager?

52. ***Si oui à 43,*** Est-ce dans vos projets dans les deux années à venir ?

Oui □1	Non □1	Ne sais pas □1

53. ***Si non à 45***, pour quelles raisons ?

54. Par rapport à votre logement actuel, quel sacrifice seriez-vous aujourd'hui prêt à concéder pour vivre dans un logement non exposé au bruit des avions ?

	Oui	Non	Ne sais pas
Eloignement du lieu de travail			
Logement plus petit			
Logement plus cher			
Eloignement de la famille et des amis			
Eloignement des transports en commun			
Voisinage social plus mauvais			
Aucun sacrifice			

55. Avez-vous déjà envisagé de déménager d'ici à cause d'autres motifs?

Oui □1	Non □2	Sans opinion □99

56. Quelles sont ces motifs ? Classez votre réponse par ordre d'importance (5 motifs maximum)

N°1	
N°2	
N°3	
N°4	
N°5	

57. Quels seraient les 5 éléments par ordre d'importance, que vous prendriez en compte pour choisir votre nouveau logement ?

		Ordre
	La qualité du logement (superficie, confort, …)	
a)	La présence de commerces et services (administratifs, soins médicaux, etc.)	

b)	La proximité d'établissements scolaires	
c)	La proximité du lieu de travail ou d'études	
d)	Le voisinage social	
e)	La proximité des espaces verts	
f)	La taxe locale	
g)	La sécurité	
h)	Le cachet	
i)	La proximité de familles, d'amis	
j)	La proximité des transports en commun	
k)	Faible bruit de trafic routier	
l)	Faible bruit de trafic aérien	
m)	Faible bruit de trafic ferroviaire	
n)	La qualité de l'air locale	
o)	Le prix	
p)	Autres – préciser : ……	

PARTIE IV : CARACTERISTIQUES LIEES A L'HABITAT

Aux locataires (sous-locataires)

58. Votre propriétaire est-il :

Un organisme HLM ou assimilé (OPAC)	
Un organisme au titre 1% logement (Action logement)	
Un bailleur privé	
Autre – préciser	
Ne sait pas	

59. Au cours des 5 dernières années, avez-vous bénéficié d'une aide ou d'un service du 1% logement (Action logement), comme par exemple l'avance du dépôt de garantie, la caution solidaire, le « Pass-foncier », une aide à la mobilité, etc.

Oui □1 Non □2 Ne sait pas □99

60. Au total, en additionnant votre loyer mensuel et les charges de copropriétés, quel est le montant des dépenses mensuelles de votre foyer pour votre logement ?

……	euros par mois

Aux propriétaires

61. Quel était le montant de la dépense que vous avez engagé pour l'acquisition de votre logement, pour les postes suivantes :

31.a	Prix du logement :	…… (euros)
31.b	Frais d'agence, des notaires :	…… (euros)
31.c	Frais de déménagements – précisez :	…… (euros)

62. Au total, en additionnant le montant du remboursement de votre emprunt (capital et intérêt cumulé), et les charges de copropriété, quelle est le montant des dépenses mensuelles de votre foyer pour votre logement ?

……	euros par mois

63. Considérez-vous votre habitation comme bien isolée ou mal isolée du bruit ?

Bien isolée	Mal isolée	Moyennement isolée
□1	□2	□3

64. Avez- vous du double vitrage ?

Oui □1	Non □2	NSP □99

65. Pour quelle(s) raison(s) avez- vous placé du double vitrage ?

Il y était avant que j'arrive	
Pour réduire le bruit du trafic aérien	
Pour économiser sur la facture de chauffage	
Pour se protéger du bruit et pour le gain de chaleur	
Autres raisons - Précisez	

66. Avez-vous bénéficié d'une aide pour la mise en place du double vitrage ?

Oui □1	Non □2	NSP □99

67. Quelles sont les pièces isolées ?

	Oui (1)	Non (2)
a) Chambre à coucher	□	□
b) Pièces à vivre	□	□
c) Salon,	□	□
d) Bureau,	□	□
e) Cuisine,	□	□
f) Salle à manger	□	□

68. Combien d'heures en moyenne passez-vous par jour à votre domicile du lundi au vendredi excepté vos heures de sommeil ?

(heures)

69. Combien d'heures en moyenne passez-vous par jour à votre domicile le week-end excepté vos heures de sommeil ?

(heures)

70. Travaillez-vous la nuit ?

Oui □1	Non □2	Ne se prononce pas □3

PARTIE V : PROFIL SOCIO-ECONOMIQUE DE L'INTERVIEWE

Les questions qui suivent sont essentielles pour le traitement statistique

71. Quelle est votre profession actuellement ?

Profession exacte : ……	Localisation du lieu de travail : ……..

72. Exercez-vous à temps plein ?

Oui □1	Non □2	Ne se prononce pas □3

73. Quel est votre niveau d'étude le plus élevé ?

……

74. D'après la liste suivante, pouvez-vous m''indiquer l'ordre de grandeur des revenus mensuels nets de votre ménage ?

a)	Moins de 500		f)	de 2500 à 3000 €	
b)	De 500 à 1000 €		g)	de 3000 à 3500 €	

c)	De 1000 à 1500 €		h)	de 3500 à 4000 €	
d)	De 1500 à 2000 €		i)	plus de 4000 €	
e)	De 2000 à 2500 €		j)	Ne souhaite pas répondre.	

75. Combien de personnes vivent dans votre ménage ?

Nombre de personnes vivant dans le ménage :	

76. Parmi elles, combien y a-t-il d'enfants ? Combien ont moins de 12 ans ?

Nombre total d'enfants	
Nombre d'enfants de moins de 12 ans	

77. De combien de véhicules à moteur votre ménage est-il composé ?

Voiture	
Motocyclette	

78. Combien de minutes en moyenne passez-vous pour vous rendre votre lieu de travail ?

minutes

79. Quels moyens de transports utilisez-vous pour se rendre à votre lieu de travail ?

a)	Voiture personnelle	
b)	Motocyclette	
c)	Transports en commun	
d)	A pieds	
e)	Autres - précisez	

80. Disposez-vous d'une résidence secondaire ?

a) Oui, j'y vais tous les week-ends	
b) Oui, j'y vais souvent	
c) Oui, j'y vais parfois	
d) Oui, j'y vais rarement	
e) Oui, mais je n'y vais jamais	
f) En projet	
g) Non	

81. Si oui, où est-elle située ?

Commune :	Département :

82. Pour terminer, avez-vous des remarques à faire ? D4autres informations à rajouter ?

Je vous remercie pour votre collaboration, si vous avez des questions à poser vous ne devez pas hésiter. Au revoir.

Appréciation par l'enquêteur de la qualité et sincérité des réponses du répondant :
Motivation : ……..
Sincérité : …….
Remarques : ……

Protocole de l'entretien
Nom de l'interviewé.....
Numéro de téléphone.....
Adresse.....
.....

Durée de l'entretien.....
Date de l'interview.....

Déclaration de l'enquêteur :
Je certifie que j'ai personnellement conduit l'entretien avec la personne mentionnée et que le questionnaire a été rempli conformément aux réponses fournies.

Je m'engage à ne divulguer aucune information reçue par cette personne.
Lieu et date :..... …….Signature :

ANNEXE 10 : Questionnaire type d'enquête auprès des Elus et responsables locaux

N° téléphone de l'étudiante: 06 16 35 76 76

QUESTIONNAIRE SUR L'EVALUATION DES IMPACTS DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

IDENTIFICATION :

Nom de la commune : ……
Nom du (de la) Maire : ……..
Personne ayant rempli le questionnaire : ……
Fonction : ……

1 - Brève présentation de la commune

Dans quelle (s) zone(s) du PEB se trouve la commune ? **ZONE A ☐1** **ZONE B ☐2** **ZONE C ☐3** **ZONE D ☐4**

Surface communale concernée par le PEB : …….. (ha)

Une partie du territoire communale est-elle occupée par l'aéroport : **OUI ☐1** **NON ☐2**

- *Si **OUI**, surface communale occupée par l'aéroport* : …….. (ha)

La commune est-elle concernée par le PGS ? **OUI ☐1** **NON ☐2**

- *Si **OUI*** :
  - Nombre de logements insonorisés : …….. (logements)
  - Nombre de logements éligibles : ….....……. (logements)

2 - Les perspectives urbanistiques sur votre commune

Des projets pour la construction de nouveaux logements sont ils en cours ?

OUI ☐1 **NON ☐2**

- *Si **OUI**, ces opérations concernent* : ……. logements

3 - <u>Quels sont selon vous les principaux problèmes auxquels votre commune doit actuellement faire face ; en fonction des propositions suivantes ?</u>

- *Graduez selon l'intensité du phénomène : **1**(problème insignifiant), **2**(Problème faible), **3**(Problème significatif), **4**(Problème important), **5**(Problème très important)*

1) Diminution du nombre d'habitants :	1	2	3	4	5
2) Desserte en transport public insuffisante :	1	2	3	4	5
3) Absence d'équipements (scolaire, sportif, …) :	1	2	3	4	5
4) Insuffisance de commerces :	1	2	3	4	5
5) Le chômage dans la commune :	1	2	3	4	5
6) Dévalorisation des valeurs immobilières :	1	2	3	4	5
7) Insuffisance d'équipements culturels:	1	2	3	4	5
8) Insuffisance d'espaces de détente et de loisirs (espaces verts, promenades aménagés, …)	1	2	3	4	5
9) Insécurité, délinquance :	1	2	3	4	5
10) Paupérisation de la population locale :	1	2	3	4	5
11) Insuffisance des moyens financiers :	1	2	3	4	5
12) Précarité d'une partie de la population :	1	2	3	4	5
13) Nuisance sonore due aux trafics aériens :	1	2	3	4	5
14) Nuisance sonore due aux trafics ferroviaires :	1	2	3	4	5
15) Nuisances sonores dues aux trafics routiers :	1	2	3	4	5
16) Pollution de l'air local :	1	2	3	4	5
17) Santé des riverains à cause des nuisances, pollutions :	1	2	3	4	5
18) La dégradation du bâti :	1	2	3	4	5

19) Mauvaise coopération entre communes :	1	2	3	4	5
20) Autres (à préciser ci-dessous) :					
• ……	1	2	3	4	5
• ……	1	2	3	4	5

4 - <u>Pourriez-vous, en quelques mots, exposer, par ordre d'importance, les 7 objectifs que se fixe votre équipe pour votre mandat actuel</u>

Objectif 1 : ……

Objectif 2 : ……

Objectif 3 : ……

Objectif 4 : ……

Objectif 5 : ……

Objectif 6 : ……

Objectif 7 : ……

IMPACTS DE L'AEROPORT

5 - <u>Quels sont les avantages générés par la présence d'un aéroport pour votre commune ?</u>

- *Classez votre réponse par ordre d'importance et indiquez leurs évolutions respectives depuis une dizaine d'années.*

Avantages générés par l'aéroport		Evolution		
		En hausse	Stabilité	En baisse
1er	• ……....	1	2	3
2ème	• ……....	1	2	3
3ème	• ……....	1	2	3
4ème	• ……....	1	2	3
5ème	• ……....	1	2	4

6 - <u>Quels sont les coûts occasionnés par la présence d'un aéroport pour votre commune ?</u>

- *Classez votre réponse par ordre d'importance et indiquez leurs évolutions respectives depuis une dizaine d'années.*

Coûts occasionnés pat l'aéroport		Evolution		
		En hausse	Stabilité	En baisse
1er	• ……....	1	2	3
2ème	• ……....	1	2	3
3ème	• ……...	1	2	3
4ème	• ……...	1	2	3
5ème	• ……....	1	2	4

7 - <u>Au final, considérez-vous que les effets de l'aéroport pour votre commune ont été négatifs, sans incidences ou positifs:</u>

Négatifs ☐1 Sans incidences ☐2 Positifs ☐3 Sans opinion ☐4

- *Expliquez en quelques mots les raisons de votre réponse :*

.....

.....

.....

.....

.....

EQUITE TERRITORIALE

8 - <u>Comment définiriez-vous l'inégalité environnementale</u>?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9 - <u>Comment définiriez-vous l'inégalité territoriale</u> ?

.....

.....

.....

.....

.....

10 - <u>En fonction des indicateurs suivants, situez votre commune vis-à-vis d'autres communes riveraines de l'aéroport.</u>

- *Indiquez les communes retenues comme références*

<u>Indicateurs</u>	<u>Communes de références</u>	Commune plus avantagée	Identique	Commune plus défavorisée
1) Emplois :	• ……...	1	2	3
2) Ressources fiscales :	• ……...	1	2	3
3) Accessibilité à l'aéroport :	• ……...	1	2	3
4) Nuisances sonores :	• ……...	1	2	3
5) Prix des biens immobiliers :	• ……...	1	2	3
6) Attraction pour les ménages:	• ……...	1	2	3
7) Autres (à préciser ci-dessous)				
• ……	• ……...	1	2	3
• ……	• ……...	1	2	3
• ……	• ……	1	2	3

11 - <u>Comment évoluent les inégalités sur votre territoire depuis une dizaine d'années ?</u>

<u>Indicateurs</u>	En hausse	Stabilité	En baisse
1) Emplois :	1	2	3
2) Ressources fiscales :	1	2	3
3) Accessibilité à l'aéroport :	1	2	3
4) Nuisances sonores :	1	2	3
5) Prix des biens immobiliers :	1	2	3
6) Attraction pour les ménages:	1	2	3
7) Autres (à préciser ci-dessous)			

• ……..	1	2	3
• …….....	1	2	3
• ……...	1	2	3

LUTTE CONTRE LES NUISANCES SONORES

12 - <u>Plusieurs actions sont menées pour réduire les nuisances sonores des riverains des aéroports. Comment évaluez-vous l'efficacité de chacune d'entre elles?</u>

- ***1****(pas du tout efficace),* ***2****(plutôt non efficace),* ***3****(plutôt efficace),* ***4****(tout à fait efficace)*

1) Insonorisation des logements compris dans le PGS :	1	2	3	4
2) Limitation de la construction avec le PEB :	1	2	3	4
3) Limitation du nombre des vols de nuit :	1	2	3	4
4) Recherche des meilleures technologies pour les avions pour atténuer leurs émissions sonores :	1	2	3	4
5) Rachat des logements dans les zones très bruyantes :	1	2	3	4
6) Consultation :	1	2	3	4
7) Autres (à préciser ci-dessous) :				
• ……	1	2	3	4
• ……	1	2	3	4
• ……	1	2	3	4

12.1) - Si vous avez entouré 1 ou 2 pour « *Insonorisation des logements compris dans le PGS* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

12.2) - Si vous avez entouré 1 ou 2 à « *Limitation des constructions avec le PEB* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

12.3) - Si vous avez entouré 1 ou 2 à « *limitation du nombre des vols de nuit* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

……

12.4) - Si vous avez entouré 1 ou 2 à « *rechercher des meilleures technologies pour les avions pour atténuer leurs émissions sonores* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

12.5) - Si vous avez entouré 1 ou 2 au « *rachat des logements dans les zones très bruyantes* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

……

12.6) - Si vous avez entouré 1 ou 2 à « *consultation* », pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

……

12.7) - Si vous avez entouré 1 ou 2 pour « *Autres*», pouvez-vous expliquer la raison de votre choix ?

……

……

……

……

……

……

……

13 - <u>Au final, quelle note globale de 0 à 10 donneriez-vous à l'efficacité des politiques publiques actuelles</u>

- ***0** correspond à pas du tout efficace et **10** correspond à très efficace*

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

14 - <u>D'autres mesures peuvent être envisagées pour réduire les nuisances sonores des riverains des aéroports.</u>

- *Pour chacune d'entre elles, indiquez si vous la jugez: **1**(secondaire), **2**(important mais pas prioritaire), **3**(plutôt prioritaire), **4**(tout à fait prioritaire).*
  SO : Sans opinion

1) Compensation financière territorialisée :	1	2	3	4	SO
2) Compensation financière individualisée aux riverains pour les nuisances subies:	1	2	3	4	SO
3) Compensation en nature :	1	2	3	4	SO
4) Déplacer ou aménager l'aéroport :	1	2	3	4	SO
5) Modifier la trajectoire des survols vers les zones moins denses:	1	2	3	4	SO

6) Arrêter l'expansion et le développement de l'aéroport :	1	2	3	4	SO
7) Prime de déménagement :	1	2	3	4	SO
8) Réduire le nombre de vols de nuit :	1	2	3	4	SO
9) Compensation pour la dépréciation des valeurs des biens immobiliers :	1	2	3	4	SO

15 - <u>Connaissez-vous d'autres mesures qui permettent de réduire à court, moyen et long termes les problèmes liés aux nuisances générées par l'aéroport ? Qui sont les principaux acteurs ?</u>

	Mesures	Acteurs
<u>A court terme</u>	• ……	• ……
	• ……	• ……
	• ……	• ……
<u>A Moyen terme</u>	• ……	• ……
	• ……	• ……
	• ……	• ……
<u>A long terme</u>	• ……	• ……
	• ……	• ……
	• ……	• ……

16 - <u>Durant les 10 dernières années, des administrés ou (et) les associations de votre commune ont-ils été actifs dans la lutte contre le bruit ?</u>

	Très actifs	Actifs	Peu ou pas actifs
1) administrés	1	2	3
2) des associations	1	2	3

17 - <u>Et qu'ont-ils fait concrètement?</u>

	Actions menées
1) des administrés	• …….. • …….. • ……..
2) des associations	• …….. • …….. • ……..

18 - <u>Quelles réponses avez-vous apportées pour améliorer la situation ? Ces réponses ont-elles permis de changer quelque chose ?</u>

Problèmes :	Réponses apportées :	Impacts :
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....
• …….	• …….....	• …….....

OBSERVATOIRE

19 - <u>Quelles sont vos attentes par rapport à la création d'un observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires ? Quelles informations souhaiteriez-vous obtenir ? Quels sont les avantages que vous verriez à la création de cet observatoire ?</u>

……

……

……

……

……

20 - <u>Pour terminer, avez-vous des éléments à ajouter ? Quelques remarques à faire ?</u>

……

……

……

……

……

21 - <u>En cas de publication exploitant les résultats de cette enquête, souhaiteriez-vous être informés ?</u>

OUI☐ 1 NON☐2 Ne sais pas ☐3

- Si ***OUI***, indiquez l'adresse où faire parvenir le travail :

<u>Adresse</u> :

……

……

……

……

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Aperçu des principaux effets du bruit. 15
Tableau 2: Illustration du niveau de bruit. Source : D'après Barraqué, La lutte contre le bruit, éd. De l'OCDE. La documentation française, 1991 51
Tableau 3: L'addition des decibels. 52
Tableau 4: Valeurs limites en France après transposition de la Directive 2002/49/CE. 56
Tableau 5: Nombre de logements situés dans le PGS des dix principaux aéroports français. 66
Tableau 6: Effets du bruit des avions sur les zones résidentielles. 72
Tableau 7: Synthèse des effets et des niveaux seuils d'apparition des effets du bruit nocturne pour les cas où des données suffisantes sont disponibles. 78
Tableau 8: Résultats des méta-analyses des études de dépréciation immobilière due au bruit des transports. 80
Tableau 9: Résumé des études de prix hédoniques récentes (à partir de 2000). 82
Tableau 10: Avantages et inconvénients des indicateurs utilisés en France. 103
Tableau 11: Valeurs limites des différentes zones de bruit et date d'approbation du PEB des différents aéroports. 105
Tableau 12 : Présentation des variables utilisées pour la construction de l'indice de défaveur sociale. Source : INSEE, Résultat des recensements de la population et INSEE-DGfip, Revenu fiscaux localisés des ménages, 2007 et 2011 110
Tableau 13: Composante principale formant l'indice de défaveur sociale et pourcentage de variance expliquée par le premier facteur de l'ACP finale. Source : INSEE, Résultats des recensements 2007 et 2011 112
Tableau 14: Catégorisation des IRIS selon la défaveur sociale. 112
Tableau 15: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés : cas de Paris-CDG. 117
Tableau 16: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011, cas de Paris-CDG 119
Tableau 17: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de l'ensemble de la zone d'étude. 122
Tableau 18: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas du Val-d'Oise. 122
Tableau 19: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de la Seine-et-Marne. 123
Tableau 20: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Paris-CDG : cas de la Seine-Saint-Denis. 123
Tableau 21: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, selon la zone d'étude: cas de Paris-CDG. 125
Tableau 22: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Paris-CDG. 125
Tableau 23: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés : cas de Paris-Orly. 127
Tableau 24: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 129
Tableau 25: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'ensemble de la zoene d'étude. 132
Tableau 26: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas du Val-d'Oise. 132
Tableau 27: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'Essonne. 133
Tableau 28: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, selon la zone d'étude: cas de Paris-Orly. 134
Tableau 29 : Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 135
Tableau 30: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac. 137
Tableau 31: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 139
Tableau 32: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Toulouse-Blagnac. 141
Tableau 33: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011, : cas de Toulouse-Blagnacc. 142

Tableau 34: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Toulouse-Blagnac. 142
Tableau 35: Population, surface et nombre d'IRIS étudiés en 2007 et 2011. 144
Tableau 36: Statistiques descriptives de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 146
Tableau 37: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'ensemble de la zone d'étude. 148
Tableau 38 : Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'Ain. 148
Tableau 39: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de l'Isère. 149
Tableau 40: Répartition de la population selon la zone d'exposition au bruit et le quintile de l'indice de défaveur sociale, autour de Lyon-Saint-Exupéry : cas de du Rhône. 149
Tableau 41: Valeurs du CERI pour différents groupes socio-économiques : cas de Lyon-Saint-Exupéry. 151
Tableau 42: Résumé des résultats obtenus sur les différents terrains étudiés 157
Tableau 43: Les déterminants des choix résidentiels des ménages autour de l'aéroport de Paris-CDG. 211
Tableau 44: Prise en compte de la variable bruit des avions dans les différents modèles estimés 212
Tableau 45: Description du modèle de prix hédoniques : cas de Paris-CDG 217
Tableau 46: Statistiques descriptives des principales caractéristiques des maisons en fonction des zones de bruit : cas de Paris-CDG. 219
Tableau 47: Statistiques descriptives des principales caractéristiques des appartements en fonction des zones de bruit : cas de Paris-CDG. 220
Tableau 48: Statistiques desriptives des prix des maisons, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008). 228
Tableau 49: Statistiques desriptives des prix au m² des maisons, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008). 228
Tableau 50: : Statistiques desriptives des prix des appartements, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008). 229
Tableau 51: Statistiques desriptives des prix au m² des appartements, selon la zone de bruit, autour de Paris-CDG (euros 2008). 229
Tableau 52: Résultats des estimations des modèles de prix hédoniques sur Paris – CDG 234
Tableau 53: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M1 243
Tableau 54: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M1 243
Tableau 55: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M2 244
Tableau 56: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M2 244
Tableau 57: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M3 246
Tableau 58: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M3 247
Tableau 59: Impact du bruit des avions sur les prix des maisons autour de Paris-CDG : résultats du modèle M4 249
Tableau 60: Impact du bruit des avions sur les prix des appartements autour de Paris-CDG : résultats du modèle M4 250
Tableau 61: Coefficient de l'effet croisé bruit/année pour les maisons : Modèle M5 251
Tableau 62: Coefficient de l'effet croisé bruit/année pour les appartements : Modèle M5 252
Tableau 63: Coefficients des modèles de prix hédoniques : cas de Toulouse-Blagnac. Source : PERVAL, résultats des régressions 259
Tableau 64: Coefficients des modèles de prix hédoniques : cas de Lyon-Saint-Exupéry. Source : PERVAL, résultats des régressions 262
Tableau 65: Comparaison des coefficients et intervalle de confiance des variables bruit des avions entre les différents aéroports étudiés. Cas des maisons 264

Tableau 66: Comparaison des coefficients et intervalles de confiance des variables bruit des avions entre les différents aéroports étudiés. Cas des appartements. 264
Tableau 67: Sources de données pour l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires 285
Tableau 68: Avantages et inconvénients des approches de terrains. Source : ORIV, 2008 291
Tableau 69: Rapport Q5/Q1 et TDQI, en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 322
Tableau 70: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 322
Tableau 71: Rapport Q5/Q1 et TDQI en 2007 et 2011: cas de Paris-Orly 328
Tableau 72: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 328
Tableau 73: Valeurs du CERI pour différents quintiles en 2007 et 2011 : cas de Lyon Saint-Exupéry 338

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les différentes méthodes utilisées dans la thèse et leurs interactions 34
Figure 2: Localisation et nombre de mouvements des aéroports en 2012. 38
Figure 3: Croissance des trafics (passagers et fret) entre 1989 et 2012 dans les quatre aéroports étudiés. 41
Figure 4: Occupation du sol autour de l'aéroport de Paris-CDG 44
Figure 5: Occupation du sol autour de l'aéroport de Paris-Orly 45
Figure 6: Occupation du sol autour de l'aéroport de Toulouse-Blagnac 46
Figure 7: Occupation du sol autour de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry 47
Figure 8: Plan d'Exposition au Bruit de l'aéroport de Paris-CDG. 59
Figure 9: Le bruit aérien et les zones de survol en Ile-de-France, en 2005. 67
Figure 10: Pyramide des effets du bruit sur la santé. Source: Babisch, W, 2002, in EEA, 2010 70
Figure 11: Résumé des facteurs non acoustiques de la gêne due au bruit des avions. 73
Figure 12: Pourcentage de personnes hautement gênées en fonction du niveau sonore en façade. 75
Figure 13: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 autour de l'aéroport de Paris-CDG. 118
Figure 14: Distribution géographique de l'indice de défaveur en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 120
Figure 15: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude 123
Figure 16: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas du Val-d'Oise. 124
Figure 17: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de la Seine-et-Marne. 124
Figure 18: Répartition de la population autour de Paris-CDG, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de la Seine-Snt-Denis. 125
Figure 19: Evolution spatiale de la défavorisation sociale, entre 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 126
Figure 20: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 autour de l'aéroport de Paris-Orly 128
Figure 21: Distribution spatiale de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 130
Figure 22: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'ensemble de la zone d'étude. 133
Figure 23: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas du Val-de-Marne. 134
Figure 24: Répartition de la population selon le quintile de l'indice de défaveur sociale et l'exposition au bruit, en 2007 et 2011, à Paris-Orly : cas de l'Essonne. 134
Figure 25: Evolution spatiale de la défavorisation sociale entre 2007 et 2011 136
Figure 26: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac 138
Figure 27: Distribution géographique de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac 140
Figure 28 : Répartition de la population autour de Toulouse-Blagnac, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude 142
Figure 29: Evolution spatiale de la défavorisation sociale entre 2007 et 2011 143
Figure 30: Densité de population en 2011 et évolution de la densité entre 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry 145
Figure 31: Distribution géographique de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 147
Figure 32: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : cas de l'ensemble de la zone d'étude. 149
Figure 33: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : de l'Ain. 150
Figure 34: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : de l'Isère. 150

Figure 35: Répartition de la population autour de Lyon-Saint-Exupéry, selon le quintile de l'indice de défaveur : ddu Rhône. 151
Figure 36: Evolution spatiale de la défavorisation sociale, entre 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry 152
Figure 37: Les différentes composantes de la Valeur économique totale d'un actif environnemental. 160
Figure 38: Présentation des différentes méthodes d'évaluation d'un actif environnemental 161
Figure 39: Réseau des stations de mesure du bruit des avions (trajectoire configurée face à l'ouest) 206
Figure 40: Evolution des niveaux sonores autour de Paris-CDG depuis dix ans 207
Figure 41: Evolution des CES entre 2002 et 2000 208
Figure 42: Taux de résidences principales occupées par des propriétaires en 2006 et nombre d'acquisition de biens immobiliers selon le type, entre 1996 et 2005. 209
Figure 43: Ratio CPIS/ouvriers pour les achats de maisons ou d'appartements anciens. 222
Figure 44: Rapport CPIS ouvriers en fonction du niveau de bruit, autour de Paris-CDG. 223
Figure 45: Indice d'évolution des prix des logements anciens, base 100 en 2008. 223
Figure 46: Prix bruts moyens au m² pour les achats de maisons ou d'appartements anciens, autour de l'aéroport de Paris-CDG, en 2004-2005. 226
Figure 47: Prix des maisons selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008). 227
Figure 48: Prix au m² des maisons selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008). 227
Figure 49: Prix des appartements selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008). 227
Figure 50: Prix au m² des appartements selon le niveau de bruit entre 2002 et 2006 (€ 2008). 227
Figure 51: Variation annuelle des prix des maisons et des appartements anciens. 237
Figure 52: Volume et variation mensuelle du prix immobilier autour de Paris-CDG 238
Figure 53: Valorisation/dévalorisation des IRIS autour de Paris-CDG : cas des maisons 241
Figure 54: Valorisation/dévalorisation des IRIS autour de Paris-CDG : cas des appartements 241
Figure 55: Décote due au bruit selon la zone : Modèle M2 245
Figure 56: Décote due au bruit sur les prix des logements autour de Paris-CDG : Modèle M3 247
*Figure 57: Interractions bruit*année (M5 (valeur du ceoefficient et so intervalle de confiance à 95%) : cas des maisons : modèle M5* 252
*Figure 58: Interractions bruit*année (valeur du ceoefficient et so intervalle de confiance à 95%) : cas des appartements : modèle M5* 253
Figure 59: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas deParis-CDG 317
Figure 60: : Distribution spatiale du taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 318
Figure 61: Distribution spatiale du taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 319
Figure 62: Distribution spatiale du taux de non diplômées en 2007 et 2011 320
Figure 63: Pourcentage de population dans la zone exposée au bruit, selon le quintile de l'indice de défaveur sociale, en 2007 et 2011 : cas de Paris-CDG 322
Figure 64: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 323
Figure 65: Distribution spatiale des taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 324
Figure 66: Distribution spatiale des taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 325
Figure 67: Distribution spatiale des taux de sans diplômes en 2007 et 2011 : cas de Paris-Orly 326
Figure 68: Pourcentage de population dans la zone III du PGS, en fonction du quintle de l'indice de défaveur sociale, selon la zone d'étude, en 2007 et 2011. 328
Figure 69: Distribution spatiale du revenu médian par UC en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac 329
Figure 70: Distribution spatiale du taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac 330
Figure 71: Distribution spatiale du taux de chômage en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagac 331
Figure 72: Distribution spatiale du taux de non diplômés en 2007 et 2011 : cas de Toulouse-Blagnac 332
Figure 73: Distribution spatiale du revenu médian en 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry 334
Figure 74: Distribution spatiale des taux d'ouvriers en 2007 et 2011 : cas de Lyon-Saint-Exupéry 335
Figure 75: Distribution spatiale du taux de non diplômés : cas de Lyon-Saint-Exupéry 337
Figure 76: Pourcentage de population dans la zone C du PEB, en fonction du quintle de l'indice de défaveur sociale, selon le département, en 2007 et 2011. 338

LISTE DES ENCADRES

Encadré 1: Les quatre dimensions des inégalités écologiques. Source : Laigle L., Oehler V., 2004 25
Encadré 2: La pollution sonore engendrée par les avions. Source : DGAC, 2004 49
Encadré 3: Matrice de poids et test de Moran. Source : L'auteure, d'après Le-Gallo, 2000. 193
Encadré 4: Les différents tests de spécification permettant de choisir la meilleure spécification d'un modèle spatial 194
Encadré 5: Résumé de la démarché conométrique 235

LISTE DES ANNEXES

***ANNEXE 1** : Les mesures de restriction des nuisances sonores autour des aéroports étudiés* 313
***ANNEXE 2 :** Résultats des études de prix hédoniques sur les impacts du bruit des avions (avant 2000)* 315
***ANNEXE 3:** Résultats complémentaires : cas de paris-CDG* 317
***ANNEXE 4 :** Résultats complémentaires: cas de Paris-Orly* 323
***ANNEXE 5 :** Résultats complémentaires: cas de Toulouse-Blagnac : cas de Toulouse-Blagnac* 329
***ANNEXE 6 :** Résultats complémentaires: cas de Lyon- Saint-Exupéry* 334
***ANNEXE 7:** Statistiques descriptives des transactions étudiés : cas de Paris-CDG* 339
***ANNEXE 8 :** Résultats de la mise en œuvre de la MPH autour de l'aéroport de Paris-CDG: cas des maisons* 341
ANNEXE 9: *Questionnaire type d'enquête auprès des ménages* 355
***ANNEXE 10 :** Questionnaire type d'enquête auprès des Elus et responsables locaux* 371

GLOSSAIRE

CAP Consentement à payer

CES Courbe d'environnement sonore

CSB Carte Stratégique du bruit

dB(A) Décibel avec la pondération A

LDEN Level-day-evening-night

MEC Méthode d'évaluation contingente

MPH Méthode des prix hédoniques

NDI Noise Depreciation Index (pourcentage de dépréciation (de la valeur du logement) par décibel)

PEB Plan d'Exposition au Bruit

PGS Plan de Gêne Sonore

TABLE DES MATIERES

Introduction générale ___ ***9***

Chapitre 1 ___ **13**

Eléments de problématique et objectifs de l'étude ___ 13

1.1. Contexte ___ 13

1.2. Evaluer les inégalités environnementales : une question émergente. ___ 19

1.2.1. Aux Etats-Unis ___ 19

1.2.2. En Europe ___ 21

1.2.3. En France ___ 23

1.3. Hypothèses et objectifs de la recherche ___ 25

1.4. Description des méthodologies utilisées ___ 33

1.5. Les terrains étudiés ___ 37

1.5.1. Localisation géographique ___ 37

1.5.2. Trafics ___ 39

1.5.3. Mesures adoptées pour lutter contre les nuisances sonores ___ 41

1.2.5. Occupation du sol ___ 42

Chapitre 2 ___ **48**

Les notions fondamentales à mobiliser ___ 48

Introduction ___ 48

2.1. Définition du bruit ___ 48

2.2. Mesures physiques du bruit ___ 52

2.2.1. Les indices évènementiels ___ 52

2.2.2. Les indices énergétiques ___ 53

2.3. Les indicateurs spatiaux de mesure du bruit : les courbes iso-phoniques ___ 56

2.3.1. Le plan d'exposition au bruit ___ 57

2.3.2. Le plan de gêne sonore ___ 61

2.3.3. Les cartes stratégiques de bruit ___ 62

2.3.4. Les courbes d'environnement sonores ___ 63

2.4. Mesurer la gêne occasionnée par la multi-exposition au bruit ___ 63

2.5. Ampleur du problème de bruit des avions en France ___ 65

2.5.1. Exposition au bruit des avions ___ 65

2.5.2. Populations survolées ___ 67

2.6. Les indicateurs d'impacts ___ 68

2.6.1. Effets sur la santé ___ 68

2.6.1.1. La gêne sonore ___ 70

2.6.1.2. La perturbation du sommeil ___ 77

2.6.2. Les effets économiques : dépréciation immobilière ___ 79

2.6.3. Effets sociaux : ségrégation sociale ___ 84

2.7. Conclusion du chapitre 2 ___ 88

Chapitre 3 ___ **89**

Mesurer les inégalités sociales face au bruit des avions ___ 89

Introduction ___ 89

3.1. Concept de précarité et de défaveur sociale ___ 90

3.1.1. Définition de la précarité et de la défaveur sociale 90
3.1.2. La mesure de la défaveur sociale 92
3.2. Les indices de défaveur sociale 93
3.2.1. Les principaux indices de défaveur sociale utilisée à l'étranger. 93
3.2.1.1. Indice de Jarman 93
3.2.1.2. Indice de Townsend 93
3.2.1.3. Indice de Carstairs et Morris 94
3.2.1.4. Indice de Pampalon 94
3.2.1.5. Index of Multiple Deprivation 95
3.2.2. Les principaux indices de défaveur sociale utilisés en France 96
3.2.2.1. FDep 96
3.2.2.2. L'European deprivation index (EDI) 96
3.2.2.3. Indice socio-économiques SES (ou «*Socioeconomic status*») 98
3.2.2.4. L'indice de Développement humain 2 «IDH 2» 99
3.3. Choix de l'indice de défaveur sociale utilisée dans cette thèse 100
3.4. Méthode d'analyse spatio-temporelle de la défaveur sociale 104
3.4.1. Données et sources à mobiliser 104
3.4.1.1. Données d'exposition au bruit : le PEB et le PGS 104
3.4.1.2. Les données socio-économiques 105
3.4.2. Identification de la population soumise aux nuisances sonores et de la population de référence 106
3.4.2. Unité spatiale d'analyse 108
3.4.3. Les indicateurs socio-économiques 108
3.4.4. Construction de l'indice de défaveur sociale 111
3.4.5. Les Indicateur d'inégalité 112
3.4.6. Méthode de calcul de la population 114
3.4.7. Méthode d'analyse de l'évolution spatiale de l'inégalité 116
3.5. Des résultats obtenus qui confirment pour partie les hypothèses 116
3.5.1. Cas de Paris- CDG 116
3.5.1.1. Présentation de la zone étudiée 116
3.5.1.2. Description et répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale 119
3.5.1.3. Inégalité sociale et exposition au bruit 121
3.5.1.4. Evolution spatiale de la défaveur sociale 125
3.5.2. Cas de l'aéroport de Paris-Orly 127
3.5.2.1. Présentation de la zone étudiée 127
3.5.2.2. Description et Répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale 129
3.5.2.3. Inégalité sociale et exposition au bruit des avions 131
3.5.2.4. Evolution spatiale de l'inégalité 135
3.5.3. Cas de Toulouse-Blagnac 136
3.5.3.1. Présentation de la zone étudiée 136
3.5.3.2. Description et répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale 139
3.5.3.3. Inégalité sociale et exposition au bruit des avions 141
3.5.3.4. Evolution spatiale de la défaveur sociale entre 2007 et 2011 142
3.5.4. Cas de Lyon Saint-Exupéry 143
3.5.4.1. Présentation de la zone étudiée 143
3.5.4.2. Description et Répartition spatiale de l'indice de défaveur sociale 146
Figure 31: Distribution géographique de l'indice de défaveur sociale en 2007 et 2011 147
3.5.4.3. Inégalité sociale et exposition au bruit des avions 148
3.5.1.4. Evolution spatiale de la défavorisation sociale 151
3.6. Discussion, conclusion et nouvelles pistes à creuser 153

Chapitre 4 158
Bruit et inégales valorisations immobilières: une relation à établir 158
Introduction 158
4.1. Notions de base sur lesquelles s'appuyer 159
4.2. Les différentes méthodes d'évaluation disponibles 161
4.2.1. Les méthodes des préférences révélées 161
4.2.1.1. La méthode des prix hédoniques 162
4.2.1.2. La méthode des dépenses de protection 165
4.2.1.3. La méthode des coûts de la maladie 166
4.2.1.4. La méthode du coût de déplacement 167
4.2.2. Les méthodes des préférences déclarées 168
4.2.1.1. La méthode d'évaluation contingente 168
4.2.2.2. La méthode d'expérimentation par les choix 173
4.2.2.3. L'analyse conjointe 173
4.2.3. Les transferts de valeurs 174
4.2.4. Choix de la MPH 175
4.3. La méthode des prix hédoniques: approche théorique et estimation empirique 177
4.3.1. Fondement théorique de la MPH 177
4.3.2. La MPH appliquée au bruit des avions 179
4.3.2.1. La mesure de la variable bruit 181
4.3.2.2. Mode de prise en compte de la variable bruit des avions dans le modèle 182
4.3.3. Limites et difficultés empiriques liées à la mise en ouvre de la MPH et leurs résolutions 184
4.3.3.1. Difficultés théoriques 184
4.3.3.2. Difficultés méthodologique 184
4.3.3.3. Difficultés statistiques et économétriques 189
4.4. Une certaine méconnaissance de la question dans le cas français, excepté le cas d'Orly 195
4.4.1. Données 195
4.4.2. Constitution de l'échantillon 196
4.4.3. Variables explicatives du modèle 197
4.4.4. Résultats 197
4.4.5. Interprétation des résultats 198
4.5. Application d'une méthode hédonique à Paris-Charles de Gaulle 199
4.5.1. Déroulement de l'étude 199
4.5.2. Description du modèle utilisée dans cette étude 200
4.5.2.1. Les données utilisées 200
4.5.2.2. Choix des variables explicatives 210
4.5.3. Résultats descriptifs 221
4.5.3.1. Profil socioéconomique des acquéreurs 221
4.5.3.2. Prix 223
4.5.4. Résultats des modèles de prix hédoniques 230
4.5.4.1. Résumé des résultats 230
4.5.4.2. Interprétations des résultats 235
4.5.6. Conclusion et directives d'application 253
4.6. Généralisation de la méthode à Toulouse Blagnac et Lyon Saint – Exupéry 255
4.6.1. Démarche 255
4.6.2. Présentation de la base de données 256
4.6.3. Cas de Toulouse Blagnac 257
4.6.3.1. Résultats descriptifs 257
4.6.3.2. Résultats de l'analyse de régression 258

4.6.3.3. Interprétation des coefficients de la régression 260
4.6.4. Cas de Lyon Saint – Exupéry 260
4.6.4.1. Résultats descriptifs 260
4.6.4.2. Résultats de l'analyse de régression 261
4.6.4.3. Interprétation des coefficients de la régression 263
4.7. Discussions, conclusion et nouvelles pistes à creuser 263

Chapitre 5 268

Vers la constitution d'un observatoire desvaleurs immobilières et des processus socio-démographiques à l'oeuvre sur les territoires aéroportuaires 268
Introduction 268
5.1. Comment mettre en place et mener une démarche d'observation? 270
5.1.1. Qu'est-ce que l'observation? 270
5.1.2. L'observatoire comme outil d'évaluation 271
5.1.3. Les limites de l'observation 271
5.2. Présentation des expériences développées en France : Le SIG SURVOL de BruitParif 272
5.2.1. Cadre du SIG SURVOL 272
5.2.2. Champs de l'observation 274
5.2.3. Méthode de recueil des informations 275
5.2.4. Quelques résultats de l'observation 275
5.25. Communication 276
5.3. Propositions pour la mise en œuvre d'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires en France 277
5.3.1. Rappel du contexte et objectifs de l'observatoire 277
5.3.2. Proposition d'organisation 280
5.3.3. Indicateurs et sources de l'observatoire des impacts des plateformes aéroportuaires 282
5.3.4. Sources de données 284
5.3.4. Les zones à observer et de référence 286
5.3.6. Quelques propositions pour la réalisation d'études 287
5.4. Conclusion du chapitre 5 et nouvelles pistes à creuser 290

Conclusion générale 292

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 299
ANNEXES 313
LISTE DES TABLEAUX 385
LISTE DES FIGURES 388
LISTE DES ENCADRES 390
LISTE DES ANNEXES 390
GLOSSAIRE 391
TABLE DES MATIERES 392