

VAL D'OISE

SEINE-SAINT-DENIS

**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**

**Rapport d'étude
Février 2013**

VAL DE MARNE

VOLET 3 DU PROJET SURVOL

Sommaire

Introduction.....	3
1. Présentation générale du SIG.....	5
1.1 Zones d'étude.....	5
1.2 Outils.....	7
1.3 Problématique.....	7
1.4 Unité géographique.....	8
1.5 Année de référence.....	9
2. Sélection et représentation de l'indice de défaveur sociale.....	9
2.1 Caractérisation socio-économique de la population.....	9
2.2 Indices de défaveur sociale testés dans l'étude.....	11
2.3 Caractérisation socio-économique des IRIS par les indices de défaveur sociale.....	14
3. Caractérisation de l'exposition des populations au bruit et à la pollution atmosphérique.....	19
3.1. Données disponibles pour le bruit.....	19
3.2. Données disponibles pour la pollution atmosphérique.....	25
3.3. Données d'exposition environnementale évaluées à l'IRIS.....	26
4. Croisement des données environnementales avec les variables socio-économiques.....	35
4.1. Analyse statistique univariée.....	36
4.2. Analyse statistique bivariée.....	38
4.3. Relation défaveur sociale / exposition aux pollutions environnementales.....	46
4.4. Représentations cartographiques des IRIS cumulant un niveau élevé de défaveur sociale et une forte exposition aux pollutions environnementales.....	48
Conclusion.....	57
Acronymes.....	60
Bibliographie.....	61
Tables des illustrations.....	64
Annexe 1 : Méthode de calcul de l'indice de Townsend.....	66
Annexe 2 : Méthode de calcul de l'indice socio-économique SES.....	68

Introduction

La région Ile de France est dotée de deux aéroports internationaux, Paris – Charles de Gaulle (506 888 mouvements et 60 970 551 passagers en 2011), Paris - Orly (228 534 mouvements et 27 139 076 passagers en 2011) et d'un aéroport d'affaire, Paris-Le Bourget (59 000 mouvements en 2011). Ces trois aéroports, parmi les plus importants au niveau européen dans leur catégorie, sont à l'origine d'un nombre important de survols de la région.

La protection des riverains par rapport aux nuisances sonores s'appuie sur des plans réglementaires, le Plan de Gêne Sonore (PGS) et le Plan d'Exposition au Bruit (PEB).

Malgré ces mesures de protection, il existe une forte contestation des riverains du fait de la gêne occasionnée par les survols ainsi qu'une crainte quant à l'impact sur leur santé de l'exposition au bruit et à la pollution atmosphérique générées par les avions et les plateformes aéroportuaires.

Les élus locaux ont lancé différentes initiatives telles que les assises d'Orly chargées d'associer l'ensemble des acteurs au développement de la plateforme ou des colloques tels que ceux organisés par l'association d'élus « Ville et Aéroport ».

C'est dans ce contexte que le Préfet de région décidait d'inscrire dans le premier Programme Régional Santé Environnement (PRSE1) une action 6bis relative aux nuisances générées par les aéroports de la région. 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. La gestion de cette action 6bis a été confiée dans un premier temps au préfet du Val d'Oise et son application limitée aux deux aéroports situés au nord de la région. Suite à la demande de Madame Kosciusko-Morizet, secrétaire d'Etat à l'environnement, le champ d'application du projet fut étendu aux trois aéroports (été 2008).

Fin 2008, le préfet de région adressait au responsable de la Cellule Interrégionale d'Ile-de-France (InVS-Drass) une lettre de mission pour la mise en œuvre du dispositif de surveillance. Une équipe projet a été alors mise en place associant la Drass, la Ddass du Val de Marne, la Cire, Airparif et Bruitparif ainsi qu'un comité scientifique et un comité de pilotage.

La première version du protocole de l'étude fut soumise pour évaluation interne à l'InVS en juillet 2008. Ce protocole prévoyait trois volets à l'étude, un volet sanitaire, un volet environnemental et un troisième volet portant sur l'observation des politiques publiques contribuant à limiter l'exposition des populations. Trois comités de proximité, réunissant associations et élus autour des trois plates-formes aéroportuaires, devaient faciliter les liens avec les acteurs locaux à toutes les étapes de l'étude.

En décembre 2008, la directrice générale de l'InVS s'adressait au Préfet de région pour lui communiquer les résultats de l'évaluation du protocole de l'étude et recommander l'abandon du volet sanitaire du fait des risques de conclusions erronées pouvant aller à l'encontre des objectifs de l'étude et mettre les décideurs en difficulté. Par contre, il était recommandé de poursuivre le volet environnemental ainsi que l'étude portant sur la caractérisation des populations en fonction de leurs niveaux d'exposition qui n'offraient pas les mêmes difficultés méthodologiques.

Depuis 2009, le projet SURVOL est donc articulé autour des trois volets suivants :

Volet 1: renforcement de la surveillance du bruit autour des plateformes aéroportuaires : volet confié à l’association Bruitparif

Volet 2: renforcement de la surveillance de la qualité de l’air autour des plateformes aéroportuaires : volet confié à l’association Airparif

Volet 3 : développement d’un système d’information géographique (SIG) permettant de croiser les données de caractérisation socio-économique des populations avec les données environnementales (air, bruit) afin d’étudier et de suivre dans le temps les éventuelles inégalités sociales d’exposition aux nuisances environnementales (bruit, air) autour des plateformes aéroportuaires : volet qui a été porté au départ par l’ARS puis confié par l’ARS à l’association Bruitparif.

Le présent rapport présente les résultats de l’état d’avancement des travaux relatifs au volet 3 du projet qui sont consacrés d’une part au développement d’un SIG dédié au projet SURVOL et d’autre part à l’étude des relations potentielles entre défaveur sociale et exposition au bruit et à la pollution atmosphérique autour des grands aéroports franciliens.

La réalisation de ce volet s’est appuyée sur les travaux de consolidation par Bruitparif des données mises à disposition par les autorités en charge de l’élaboration des cartes de bruit stratégiques pour ce qui est du bruit. Les données de pollution atmosphérique ont été fournies par Airparif qui a apporté en outre son expertise et sa collaboration à l’exploitation des résultats. Le développement du SIG dédié au projet SURVOL et la réalisation de l’étude de croisement ont en outre bénéficié du partenariat engagé entre Bruitparif et l’IAU-IdF, ce qui a permis à Bruitparif d’utiliser certaines bases de données mises à disposition par l’IAU IdF par convention.

1. Présentation générale du SIG

Nous décrivons dans ce chapitre les caractéristiques générales du Système d'Information Géographique (SIG) qui a été développé dans le cadre du projet SURVOL.

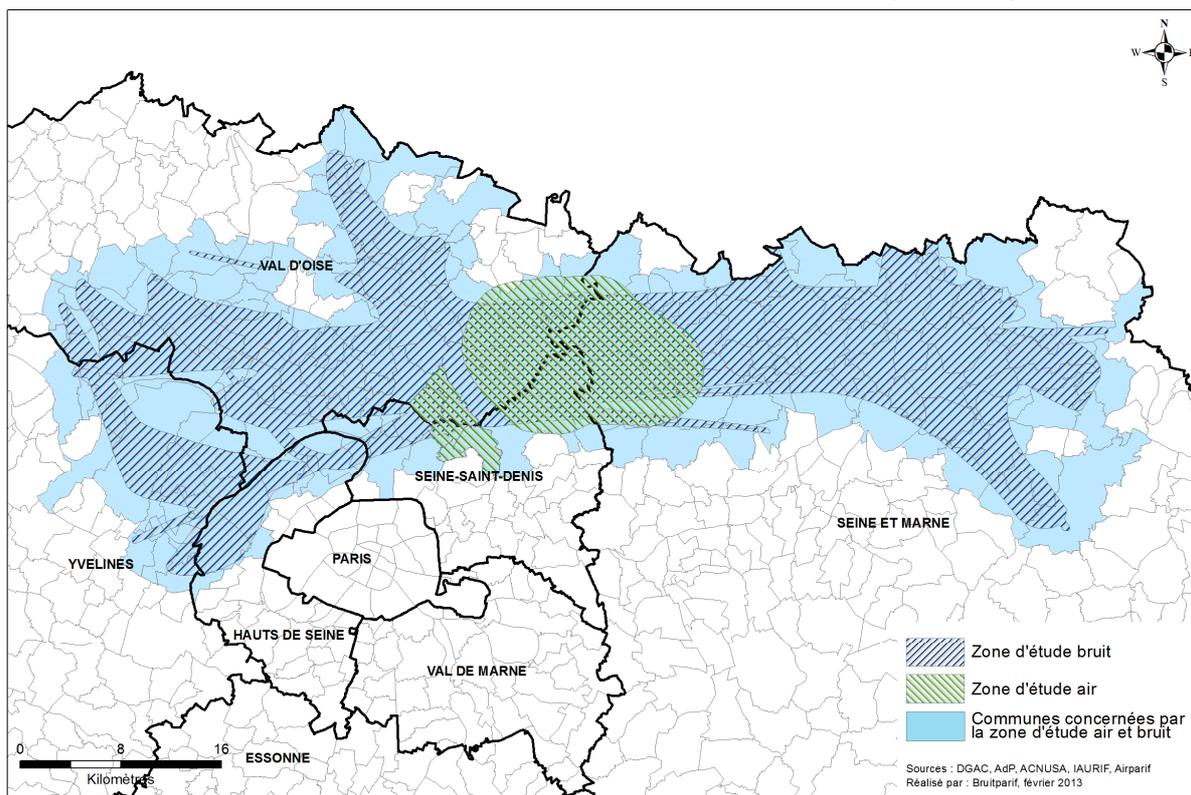
1.1 Zones d'étude

Les zones d'étude ont été déterminées lors de la réalisation des volets 1 et 2 du projet relatifs au renforcement de la surveillance respective du bruit et de la qualité de l'air. Elles ont été définies à partir de l'agrégation des zones retenues pour le renforcement de la surveillance du bruit autour des plateformes aéroportuaires (tenant compte des zones de survols des aéronefs, des courbes d'environnement sonores (CES), des délimitations des plans réglementaires PEB et PGS) et des zones où un impact potentiel des activités aéroportuaires pourrait être perceptible sur la qualité de l'air autour des aéroports.

Les deux zones d'études retenues (cf. cartes 1 et 2) courent ainsi 299 communes comptant 3,64 millions d'habitants dont 2,17 millions d'habitants au sein des zones hachurées :

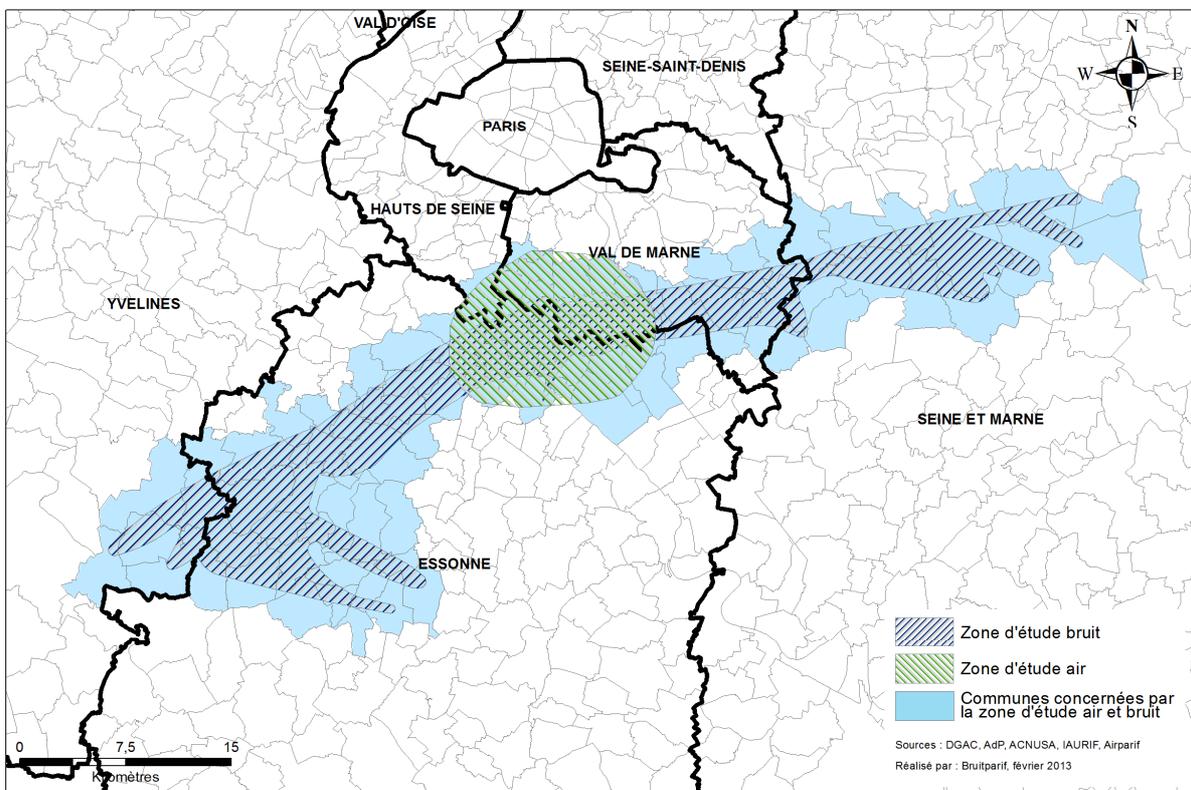
- *zone Nord (Paris-CDG et Paris-Le Bourget) : 211 communes, 2,67 millions d'habitants (1,58 millions d'habitants en zone hachurée)*
- *zone Sud (Paris-Orly) : 88 communes, 975 902 habitants (585 816 habitants en zone hachurée).*

Zone d'étude air et bruit pour l'aéroport de Paris-CDG



Carte 1 : Zone d'étude SURVOL - NORD

Zone d'étude air et bruit pour l'aéroport de Paris-Orly



Carte 2 : Zones d'étude SURVOL - SUD

1.2 Outils

Le système d’information géographique (SIG) spécifique au projet SURVOL a été développé par Bruitparif sous l’outil ArcGis de la société Esri, afin de visualiser, croiser et analyser les différentes données nécessaires au projet. Ce logiciel permet d’organiser des données géoréférencées, de réaliser des analyses spatiales et des cartographies thématiques.

Le SIG a été réalisé en intégrant 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 mises à disposition par Airparif, partenaire de l’étude et qui a apporté son expertise et sa collaboration à l’exploitation des résultats.

Il s’est appuyé également sur le partenariat développé avec l’IAU IdF qui permet à Bruitparif de pouvoir utiliser certaines bases de données mises à disposition dans le cadre d’une convention. Il s’agit notamment des couches relatives au nombre d’habitants par bâtiment (couche densibati) ; au mode d’occupation du sol (MOS), aux limites administratives (communes, EPCI, autorités compétentes en matière de lutte contre le bruit, agglomération parisienne, départements franciliens, région Ile-de-France). Bruitparif dispose également de licences relatives à l’utilisation des couches BD TOPO (réseau routier, réseau ferré, bâtiments) et BD ORTHO (topographie) de l’IGN.

1.3 Problématique

Le SIG a pour objectif d’analyser géographiquement 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.

Il s’agit ainsi de :

- représenter la variabilité des niveaux de bruit et de pollution atmosphérique dans les deux zones d’étude ;
- caractériser d’un point de vue socio-économique les populations concernées par les pollutions au sein des deux zones d’étude ;
- mettre en évidence les relations entre les pollutions et le niveau de défaveur sociale des personnes exposées et répondre ainsi à la question qui est posée :

Existe-t-il des inégalités sociales d’exposition au bruit et/ou à la pollution atmosphérique au sein des zones d’étude SURVOL ?

Cette problématique peut se traduire par un ensemble d’autres questions :

- *Comment se répartissent les populations les plus « défavorisées »¹ dans les zones d’études ?*
- *Quels sont les niveaux de bruit et de pollution atmosphérique dans ces zones ?*
- *Quelles sont les zones multi-exposées ?*

¹Au sens de l’indice qui sera créé

- *Quelles sont les populations les plus exposées (mono-exposition au bruit élevée, multi-exposition au bruit, exposition à la pollution atmosphérique) ?*
- *Les populations les plus « défavorisées » sont-elles les plus exposées ?*

Afin de répondre à ces questions, plusieurs points techniques et méthodologiques ont dû être préalablement abordés dans la phase de développement du SIG :

- *Quelle est l'échelle géographique la plus pertinente pour le croisement des données de bruit et de pollution atmosphérique avec les données socio-économiques ?*
- *Quels sont les indicateurs socio-économiques dont on dispose pour caractériser la population au sein des zones d'étude et comment construire un indicateur de défaveur sociale pertinent ?*
- *Quels sont les indicateurs les plus pertinents à retenir pour caractériser l'exposition des populations au bruit et à la pollution atmosphérique et comment représenter les situations de multi-exposition au bruit et/ou de co-exposition au bruit et à la pollution atmosphérique ?*
- *Comment représenter le croisement entre exposition aux pollutions environnementales et niveau de défaveur sociale des populations ?*

1.4 Unité géographique

Il est indispensable de définir préalablement l'unité géographique la plus pertinente pour la caractérisation socio-économique de la population et la représentation des pollutions environnementales (air / bruit).

La sélection de la résolution géographique a été contrainte par les données socio-économiques qui ne sont disponibles qu'à l'échelle de l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique), unité géographique la plus fine pour laquelle l'INSEE fournit les données du recensement de la population générale.

L'IRIS constitue la brique de base en matière de diffusion de données infra-communales par l'INSEE. Les communes d'au moins 10 000 habitants et une forte proportion des communes de 5 000 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS. Par extension, afin de couvrir l'ensemble du territoire, l'INSEE a assimilé à un IRIS chacune des communes non découpées en IRIS.

On distingue ainsi trois types d'IRIS :

- Les IRIS d'habitat : leur population se situe en général entre 1 800 et 5 000 habitants. Ils sont homogènes quant au type d'habitat et leurs limites s'appuient sur les grandes coupures du tissu urbain (voies principales, voies ferrées, cours d'eau...).
- Les IRIS d'activité : ils regroupent plus de 1 000 salariés et comptent au moins deux fois plus d'emplois salariés que de population résidente.
- Les IRIS divers : il s'agit de grandes zones spécifiques peu habitées et ayant une superficie importante (parcs de loisirs, zones portuaires, forêts...).

Nous avons pu noter au fil des lectures (Declercq et Prouvost, 2007; Pornet, 2009 ; Lasbeur et al, 2006; Lalloué et al, 2012), que les autres travaux de recherche qui ont été effectués sur le territoire français sont soumis à la même contrainte, à savoir de travailler à l'échelle de l'IRIS.

Des données d'enquêtes menées auprès de la population dans différentes parties des zones d'étude viennent parfois compléter l'analyse (Pornet, 2009; Labre et al, 2007). Chaque personne enquêtée est alors géolocalisée à l'échelle du bâtiment. Ces enquêtes sont généralement associées à des études comportant un volet sanitaire. Les données pouvant varier à l'échelle de l'IRIS, cette démarche permet de disposer de données plus précises, ce qui s'avère pertinent lorsque l'on souhaite croiser les informations socio-économiques avec des niveaux précis de bruit ou de pollution atmosphérique.

En ce qui concerne les données environnementales (bruit et pollution atmosphérique), les données sont issues de modélisations qui sont réalisées à une échelle fine (maillage irrégulier pour permettre d'avoir des informations à une résolution fine au niveau de chaque bâtiment pour le bruit, maillage régulier de 50 m x 50 m pour la qualité de l'air). Les données environnementales sont donc disponibles à des échelles beaucoup plus fines que les IRIS. Il a donc fallu travailler à la construction d'indicateurs d'exposition au bruit et à la pollution atmosphérique agrégés au niveau de l'IRIS afin de pouvoir étudier les croisements avec les données socio-économiques disponibles.

1.5 Année de référence

Afin de garantir une cohérence entre les différentes variables à croiser, il a été retenu d'utiliser les données de 2006, année de référence pour les données de trafics utilisées en entrée dans la modélisation du bruit et année du dernier recensement pour lequel l'INSEE dispose de la totalité des données à l'IRIS.

2. Sélection et représentation de l'indice de défaveur sociale

2.1 Caractérisation socio-économique de la population

Si l'on souhaite caractériser un territoire en fonction des caractéristiques socio-économiques de sa population, différentes dimensions sont à prendre en compte : la répartition de la population par âge, la formation, l'activité, le logement et les conditions matérielles. En France, ces informations sont produites et diffusées par l'INSEE, qui fournit en libre accès les données des recensements de population à l'échelle de l'IRIS.

Etudier l'intégralité des variables de différentes dimensions socio-économiques peut néanmoins s'avérer long et nuire à la clarté de l'analyse. Ainsi, le recours à un indice socio-économique synthétisant les situations socio-économiques des populations tout en traduisant leur multiplicité présente un intérêt significatif. Cette approche permet de réduire le nombre de variables tout en assurant une analyse fine des caractéristiques des populations.

Nous cherchons à savoir si les populations socialement les plus défavorisées sont les plus exposées aux pollutions. Nous orientons donc l'étude bibliographique sur la recherche d'indices traduisant les situations de défaveur socio-économique. Dans la littérature, les principaux indices traduisant le contexte socio-économique, la défaveur sociale et matérielle, sont les suivants :

- indice de Townsend (Townsend, 1987),
- indice de privation (Lasbeur et al, 2006),
- indice de Carstairs (Carstairs, 1995),
- indice de défavorisation (Pampalon et Raymond, 2003),

- indice EPICES (Labre et al, 2007),
- indice socio-économique ou de défaveur contextuelle (*Socioeconomic status* – SES) (Lalloué et al, 2012).

Ces indices peuvent être séparés en deux classes (méthode additive ou multidimensionnelle), en fonction de la méthode de construction utilisée.

2.1.1 Méthode additive : Townsend, Carstairs

La méthode additive consiste à calculer un indice par une somme de variables centrées réduites. Les deux indices qui reviennent le plus souvent dans les publications scientifiques, notamment dans l'analyse des inégalités de santé, sont les indices de défaveur sociale anglo-saxons de Townsend et de Carstairs.

Peter Townsend est un chercheur britannique qui a défini en 1987 le concept de défaveur sociale ou défavorisation (*deprivation*), dans le cadre d'analyses des inégalités sociales de santé. Il définit 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 et le groupe*» (Townsend, 1987). Pour Townsend, la défaveur sociale a deux formes : privation matérielle et privation sociale. Deux composantes que l'on retrouve dans les variables qui constituent son indice. Les indices de Townsend et de Carstairs renvoient à la même définition de la défaveur sociale avec une méthode quasiment identique. Ils ne comptent tous les deux que quatre variables.

Indice de Townsend

1. Part de chômeurs dans la pop active
2. Part de ménages sans voiture
3. Part de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce
4. Part de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire

Indice de Carstairs

1. Part de chômeurs dans la pop active
2. Part de ménages sans voiture
3. Part de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce
4. Part des ouvriers dans la population

Ces indices sont aujourd'hui discutés, notamment par les membres du projet DELOS². Ce dernier qui regroupe «*différentes équipes de recherche (Université, Inserm, IRDES, EHESP, ...), pluridisciplinaires (épidémiologistes, géographes, économistes, médecins, biostatisticiens, [...] et Santé) vise à dégager un consensus concernant la définition, la construction et les conditions d'utilisation d'indicateurs localisés de désavantage en lien avec les inégalités de santé en France.*»³. Dans une des présentations du projet DELOS, il est mis en avant les limites des indices Townsend et Carstairs :

- la non prise en compte du contexte géographique,
- des variables datées et qui appréhendent de manière incomplète les désavantages matériels et sociaux,
- des indices qui ne se basent que sur les actifs en âge de travailler et donc qui excluent les populations âgées et les jeunes.

² RICAN S., REY G., LUCAS-GABRIELI V., BARD D., ZEITLIN J., CHARREIRE H., JOUGLA E., SALEM G., VAILLANT Z., COMBIER E., OPPERT J-M., HERCBERG S., CASTETBON K., MEJEAN C., PAMPALON R., DELOS (Désavantages LOcaux et Santé : construction d'indices pour l'analyse des inégalités sociales et territoriales de santé en France) - Présentation « Gènes, environnement et inégalités sociales », 1^{er} Congrès national de Santé et Environnement, Rennes, 14 et 15 décembre 2010.

³ Source : http://www.u-paris10.fr/1325686299722/0/fiche___actualite/ERH=REC (Université Paris Ouest Nanterre La Défense).

Compte-tenu de ces limites, l'équipe du projet DELOS encourage la création d'indices spécifiques pour chaque projet.

Précisons en outre que les indices de Townsend et Carstairs ont été développés dans les années 1980, dans un contexte anglo-saxon. Or, les territoires ne répondent pas tous aux mêmes spécificités (différences entre territoires urbains, ruraux, périurbains), les contextes évoluent. La variable "part des ménages sans voiture" n'a pas par exemple la même signification aujourd'hui au sein même de la région parisienne. En effet, à Paris et en petite couronne⁴, le fait de ne pas posséder une voiture ne constitue pas une composante de défaveur sociale, du fait d'un tissu urbain et d'un réseau de transports en commun dense. Tandis que dans un département de la grande couronne⁵, l'absence de voiture est considérée comme un handicap et constitue bien, de ce fait, une composante de défaveur sociale.

2.1.2 Méthodes multidimensionnelles

Ces méthodes font appel à un nombre important de variables socio-économiques et/ou sociodémographiques qui sont réduites par la réalisation d'analyses factorielles multiniveaux (ACP, AFC, ACM). Le nombre et le choix des variables ne sont pas arbitraires contrairement aux précédents indices présentés, mais sont, au contraire, déterminés par les relations statistiques entre ces dernières. L'indice final prend donc en compte les contextes socio-économique et géographique. De plus, le nombre, souvent important, de variables au départ de l'analyse met en avant le caractère multidimensionnel de la caractérisation socio-économique des populations.

Dans le cadre d'une présentation des résultats du projet Equit'Area⁶, nous avons eu l'opportunité de découvrir le travail de l'EHESP (Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique) portant sur une méthode de construction d'un indice socio-économique (SES) (Lalloué et al, 2012). La réduction des variables est ici réalisée à travers l'exécution de plusieurs ACP successives (Analyses en Composantes Principales). Par l'intermédiaire de Benoît Lalloué qui a participé à la création de cette méthode, nous avons pu disposer des détails des différentes étapes de construction de l'indice SES.

2.2 Indices de défaveur sociale testés dans l'étude

Au lancement de l'étude SURVOL, il avait été convenu par le commanditaire, l'ARS Ile-de-France, d'utiliser l'indice de Townsend pour analyser les inégalités socio-économiques d'exposition au bruit et à la qualité de l'air. Malgré ses limites, l'indice reste une référence dans l'analyse des inégalités sociales et les résultats peuvent ainsi être facilement comparés à d'autres études. Cependant, il nous a semblé intéressant de tester également l'utilisation d'un indice issu d'une méthode multidimensionnelle.

La procédure de calcul de l'indice socio-économique SES (Socioeconomic Status) développé par l'EHESP nous a semblé intéressante à mettre en œuvre. Elle est simple et son application était facilitée par le soutien de l'équipe de chercheurs de l'EHESP.

⁴ La "petite couronne" regroupe les départements des Hauts-de-Seine (92), de la Seine-Saint-Denis (93) et du Val-de-Marne (94)

⁵ La "grande couronne" regroupe les départements de la Seine-et-Marne (77), des Yvelines (78), de l'Essonne (91), et du Val d'Oise (95)

⁶ Projet Equit'Area : Contribution des expositions environnementales aux inégalités sociales de santé

Source : <http://www.ehesp.fr/recherche/departements/departement-sciences-information-biostatistiques/>

Ainsi, nous avons pu solliciter leur collaboration face à d'éventuelles difficultés et bénéficier d'une validation directe de nos résultats. L'équipe de l'EHESP s'intéresse quant à elle aux résultats de cette nouvelle zone d'étude pour les comparer à ceux de Paris et de la Petite couronne, et analyser la stabilité de leur méthode.

Nous avons ainsi choisi de mettre en œuvre les deux méthodes pour la caractérisation socio-économique des populations de la zone SURVOL.

	indice de Townsend	Indice SES
<i>Créé par...</i>	Peter Townsend, chercheur britannique, en 1987	l'EHESP (projet Equit'Area), 2012
<i>Méthodologie</i>	<i>Méthode additive:</i> somme de variables centrées réduites	<i>Méthode multidimensionnelle:</i> nombre important de variables réduites par la réalisation d'analyses statistiques (ACP)
<i>Variabes</i>	4	une 20 ^{ème} au final
<i>Avantages</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de référence dans l'analyse des inégalités sociales - Mêmes variables de départ donc comparaison simplifiée des résultats entre zones d'études 	<ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte du contexte local : Indicateur dont la combinaison de variables est propre à chaque territoire - Caractérisation fine des spécificités la défaveur
<i>Limites</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Contexte anglo-saxon - Petit nombre de variables - Choix arbitraire des variables - Ne prend pas en compte le contexte local 	<ul style="list-style-type: none"> - Variables finales différentes selon zone d'étude : comparaison moins aisée entre zones d'études différentes - Méthode de calcul relativement complexe

Tableau 1 : Comparatif des indices Townsend et SES

Les méthodes de calcul des indices sont présentées de manière synthétique. Les procédures complètes, ainsi que les sorties logiciels (R) pour l'indice SES, sont détaillées en annexes.

2.2.1 Indice de Townsend

L'indice de Townsend est composé de quatre variables :

V1 : Part de chômeurs dans la pop active

V2 : Part de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce

V3 : Part de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire

V4 : Part de ménages sans voiture

Formule de calcul: somme de variable centrées-réduites

$$I = \frac{\{\log(V_1 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_1 + 1)]\}}{\text{écart - type}[\log(V_1 + 1)]} + \frac{\{\log(V_2 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_2 + 1)]\}}{\text{écart - type}[\log(V_2 + 1)]} + \frac{\{V_3 - \text{moyenne}(V_3)\}}{\text{écart - type}(V_3)} + \frac{\{V_4 - \text{moyenne}(V_4)\}}{\text{écart - type}(V_4)}$$

2.2.2 Indice socio-économique (SES)

Le groupe de variables sélectionnées au début de la procédure comporte des informations sur l'activité, la formation, les répartitions de la population, des ménages et des logements. Toutes les variables sont quantitatives. Tandis que l'indice de Townsend ne compte que des variables traduisant la "défaveur" sociale, l'indice SES intègre également des variables correspondant à la "faveur" sociale (exemple : résidences principales de plus de 100 m², titulaires de CDI/titulaires de la fonction publique, ménages disposant de deux voitures, etc.).

La construction de l'indice SES nécessite la réalisation de plusieurs ACP successives pour, dans un premier temps, réduire le nombre variables en conservant les plus pertinentes (variables restituant le plus de variance des données), et dans un second temps calculer l'indice. Les traitements statistiques ont été réalisés au moyen du logiciel R.

Etape 1 : ACP de réduction du nombre de variables redondantes

Trois groupes de variables sont fortement corrélés entre eux. Afin de sélectionner la variable la plus représentative de chaque groupe, on effectue une ACP pour chaque groupe, et on sélectionne ensuite la variable contribuant le plus au premier axe factoriel de l'ACP⁷.

- **Groupe "Actifs"** : *part des femmes dans la population active ; part des hommes dans la population active ; part des actifs dans la population totale*
⇒ Variable retenue : "POP_ACTIVE"
- **Groupe "Chômeurs"** : *part des chômeurs de 15 à 24 ans ; part des chômeurs de plus de 55 ans ; part des chômeurs hommes ; part des chômeurs femmes ; part des chômeurs de 15 à 64 ans*
⇒ Variable retenue : "CHOM_TOT".
- **Groupe "Mobilité"** : *part des actifs ne travaillant pas dans leur commune de résidence ; part de ménages ayant emménagé depuis moins de 2 ans ; part de ménages ayant emménagé depuis plus de 5 ans ; part de ménages ayant emménagé depuis 10 ans ou plus*
⇒ Variable retenue : "MOBIL_10ANS".

Etape 2 : ACP de sélection des variables

Cette ACP permet de sélectionner les variables qui participeront à la construction de l'indice final (étape 3). On la réalise sur les variables de départ et les variables retenues après réduction des groupes redondants ("POP_ACTIVE", "CHOM_TOT" et "MOBIL_10ANS"). Seules les variables ayant une contribution à la construction du premier axe supérieure à $\frac{100}{N}$ sont conservées (N étant le nombre de variables actives de l'ACP).

Etape 3 : ACP finale de construction de l'indice

L'ACP finale, réalisée avec les variables sélectionnées lors de l'étape précédente, permet de calculer l'indice SES. Ce dernier est construit à partir des coordonnées des individus actifs (c'est-à-dire leurs IRIS) sur le premier axe, centrées (lors de la réalisation de l'ACP) et réduites.

Le schéma ci-après synthétise les principales étapes.

⁷ Variable présentant le cos² maximum avec le premier axe factoriel.

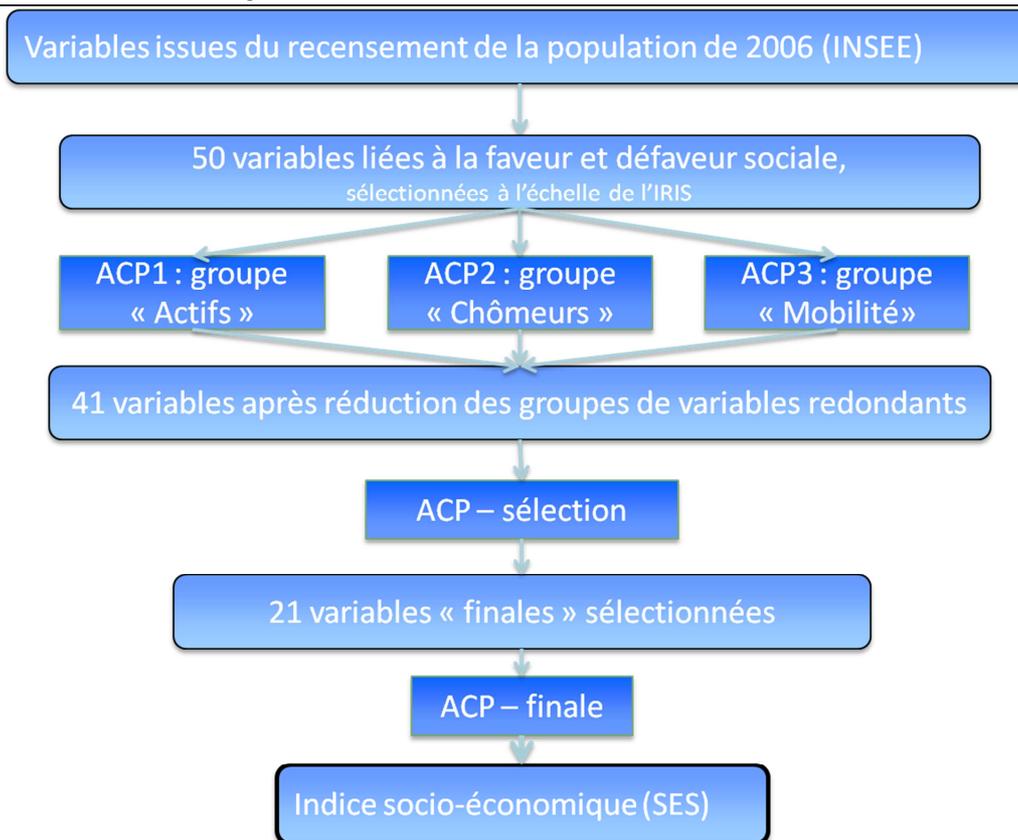


Figure 1 : Procédure de calcul de l'indice SES

2.3 Caractérisation socio-économique des IRIS par les indices de défaveur sociale

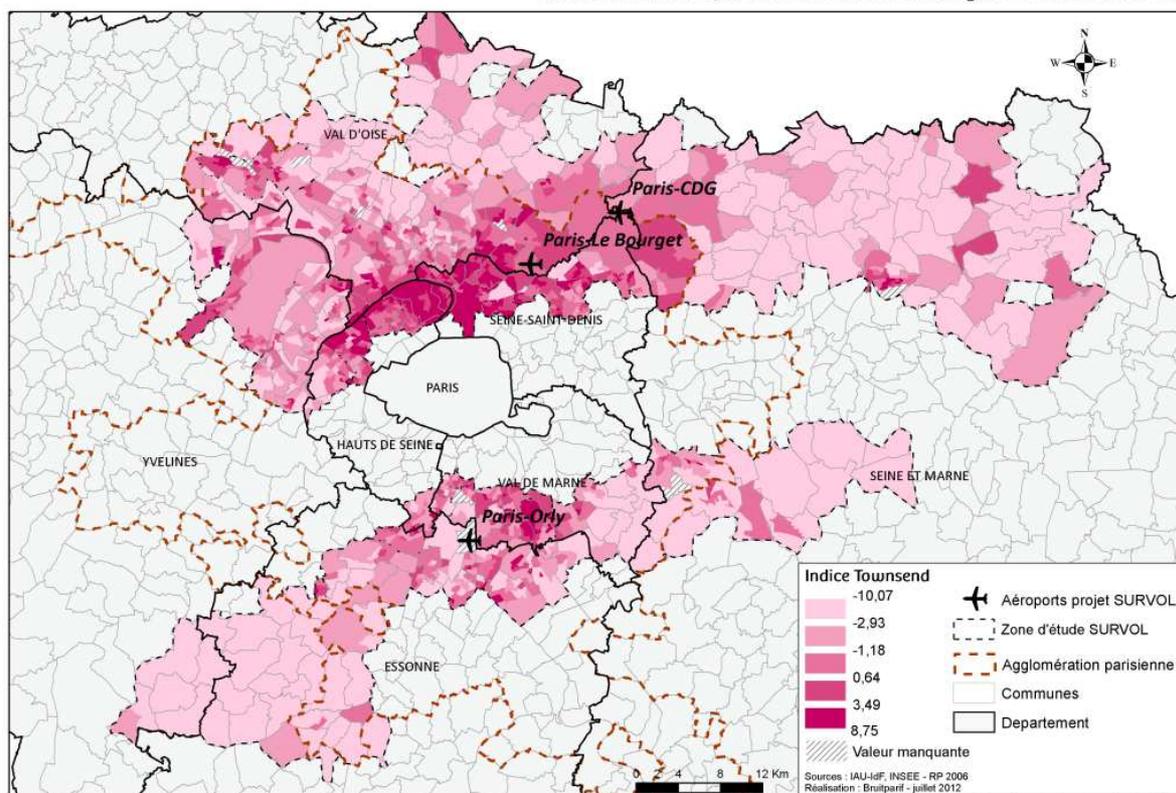
Les résultats des deux approches sont d'abord présentés séparément, puis comparés. Pour les deux indices, plus la valeur de l'indice est élevée, plus l'IRIS est jugé en situation de « défaveur » (sociale et matérielle) par rapport aux autres.

2.3.1 Indice de Townsend

Chacune des quatre variables constituant l'indice de Townsend (V1 à V4) a été analysée individuellement pour ensuite synthétiser les résultats. Les répartitions de ces quatre variables et celle de l'indice final à l'IRIS sur le territoire étudié mettent en évidence les mêmes disparités géographiques (cf. carte 3) :

- Zone nord : les IRIS du nord de la Seine-Saint-Denis et du sud du Val d'Oise s'opposent aux IRIS du Nord du Val d'Oise et de la Seine-et-Marne ;
- Zone sud : les IRIS au sud du Val-de-Marne et au nord de l'Essonne contrastent avec les autres IRIS de cette zone.

Indice Townsend par IRIS en 2006 dans la zone d'étude SURVOL



Carte 3 : indice de Townsend par IRIS en 2006 dans la zone d'étude SURVOL
(les communes en blanc sont situées en dehors de la zone d'étude)

Au sein des zones d'étude, les IRIS qui comportent les populations les plus défavorisées au sens de l'indice de Townsend (IRIS aux valeurs supérieures au 95^{ème} centile) se trouvent principalement :

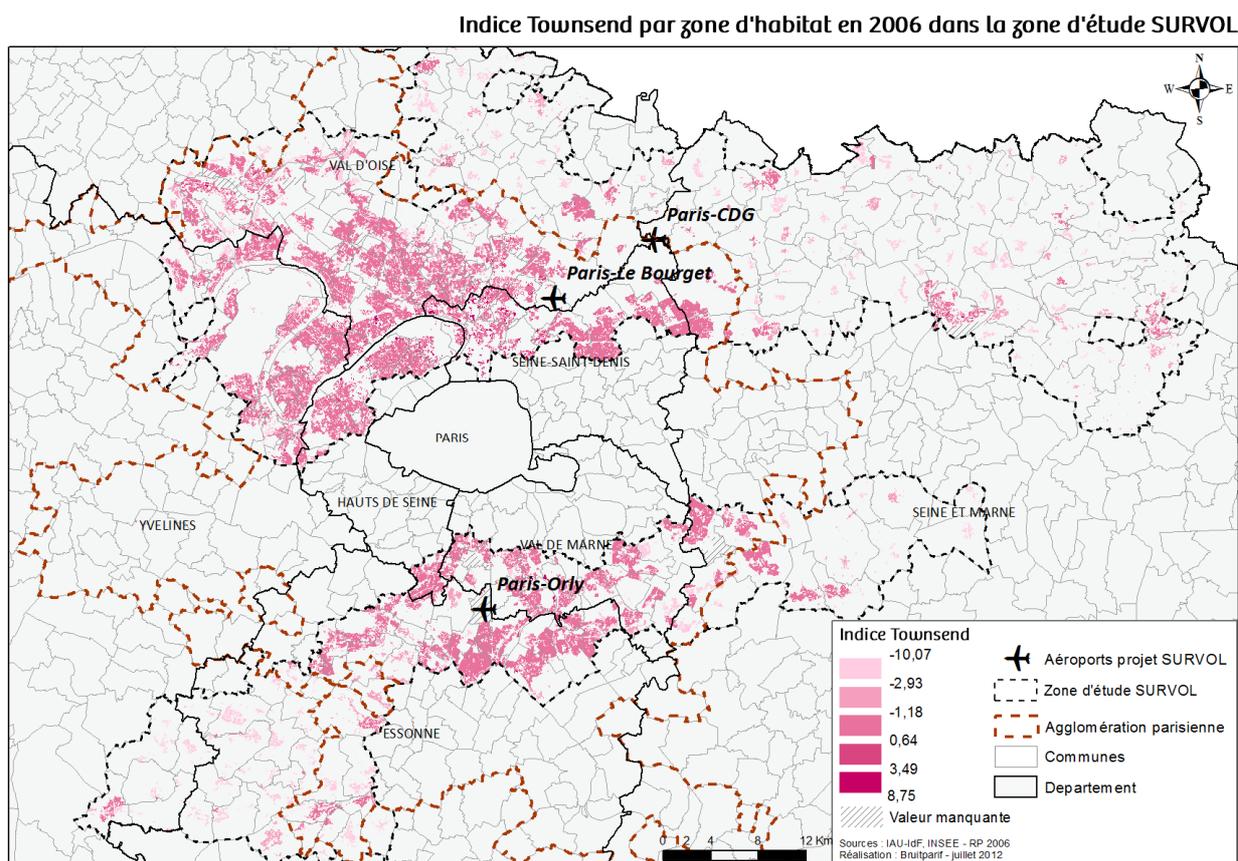
- dans la zone d'étude nord, au sein d'IRIS très urbanisés de Seine-Saint-Denis ou du Val d'Oise. On citera par exemple certains IRIS des communes de Saint-Denis (93), La Courneuve (93), Sarcelles (95), Stains (93), Aulnay-sous-Bois (93), Garges-Lès-Gonesse (95), Goussainville (95). La commune de Meaux (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), Saigny-sur-Orge (91), Montgeron (91) qui ressortent comme les plus défavorisés.

La variable "part des résidences principales dont le ménage n'est pas propriétaire" fait ressortir les IRIS constitués de grands ensembles de logements sociaux des communes citées précédemment. Ce regroupement important de populations et d'immeubles de type HLM étant plus rare en zones péri-urbaines, cette variable accentue la présence de ces IRIS parmi les plus défavorisés au sens de l'indice de Townsend.

Si, dans la zone d'étude, les populations les plus défavorisées semblent être concentrées dans des IRIS de communes en zones très urbanisées, les populations les plus favorisées se retrouvent dans des zones péri-urbaines et plus rurales, majoritairement en Seine-et-Marne ou dans l'Essonne, et pour une partie en dehors de l'agglomération parisienne. Les IRIS qui comportent les populations les plus favorisées sont situés dans les communes d'Ozoir-La-Ferrière (77), Osny (95), Saint-Jean-de-Beauregard (91), Saint-Mesmes (77), Lésigny (77), Janury (91), La-Celle-Saint-Cloud (78), Barcy (77), Gressy (77).

Les IRIS favorisés correspondent majoritairement à une commune entière contrairement aux IRIS défavorisés qui correspondent à des quartiers de communes.

Une autre forme de représentation possible consiste à cartographier l'indice de Townsend à l'échelle de l'habitat. En utilisant le MOS (Mode d'Occupation du Sol) fourni par l'IAU-îdF, nous avons uniquement découpé les entités correspondant aux catégories "habitat" (individuel, collectif, rural, autre, etc.). La couche de l'indice de Townsend à l'IRIS a ensuite été intersectée avec celle de l'occupation du sol, pour attribuer une valeur d'indice à chaque zone d'habitat.



Carte 4 : indice de Townsend par zone d'habitat en 2006 dans la zone d'étude SURVOL
(les communes en blanc sont situées en dehors de la zone d'étude)

Cette carte rend bien compte des disparités de répartition de population et des contrastes de densité du bâti au sein de la zone d'étude. Elle illustre ainsi ce que nous avons mis en lumière dans la synthèse des résultats de l'indice de Townsend : l'opposition entre des territoires très urbanisés et des territoires péri-urbains et plus ruraux.

2.3.2 Indice SES

La mise en œuvre du calcul de l'indice SES a permis la sélection des variables pertinentes pour la caractérisation des populations des IRIS de la zone d'étude SURVOL. On compte 21 variables sélectionnées pour la construction de l'indice, qui sont projetées ci-dessous sur le cercle des corrélations associées au premier plan factoriel de l'ACP.

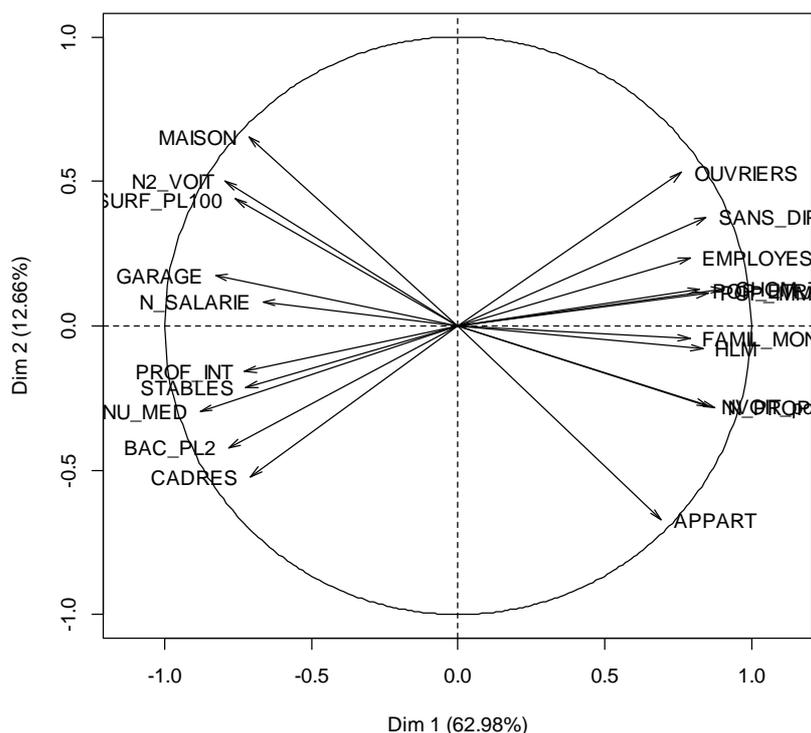


Figure 2 : Cercle des corrélations des variables de l'ACP finale (axes 1 et 2)

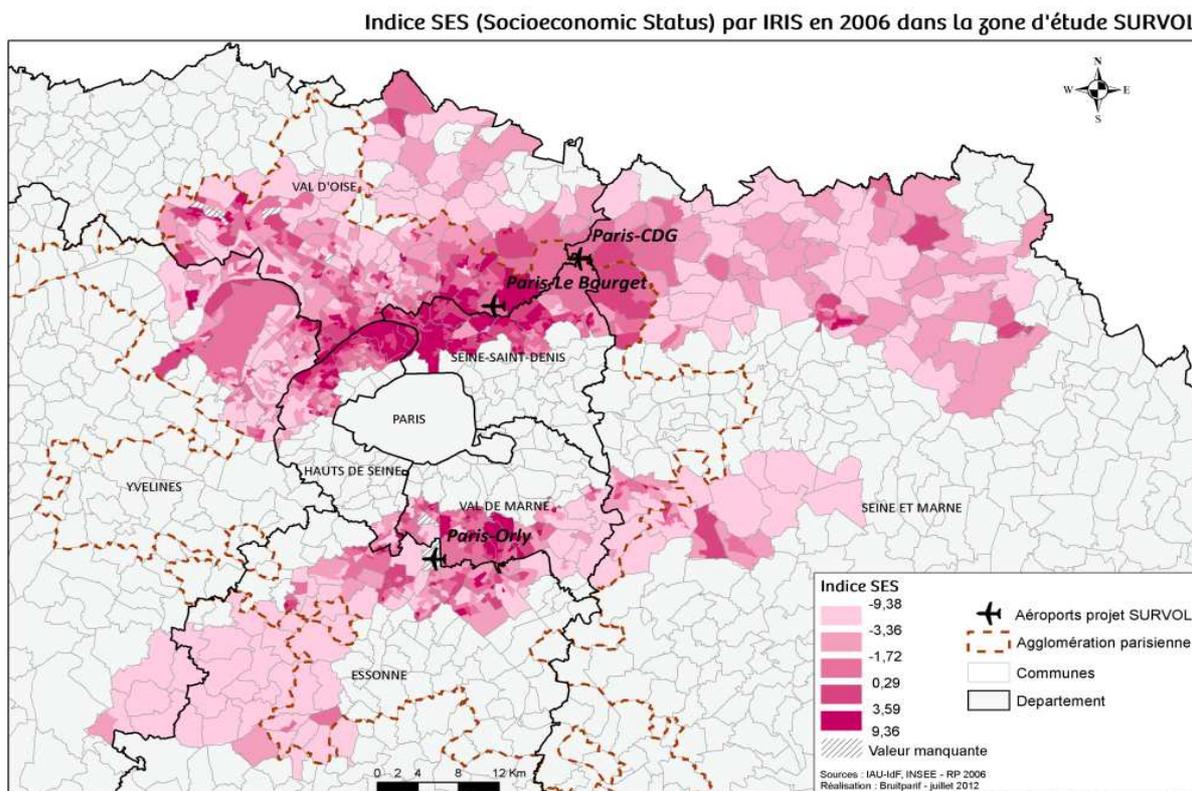
Le premier axe explique une part importante de la variance totale (62,98%). Il traduit bien l'opposition entre des variables de « défaveur » sociale et matérielle (part de chômeurs, non propriétaires, ménages sans voiture, immigrés, sans diplômes, étrangers, employés, familles monoparentales, ouvriers) et les variables de "faveur" (revenu médian, part de ménages possédant une place de parking, ménages avec 2 voitures, bac+2, résidences principales de plus de 100m², professions intermédiaires, stables, maisons, cadres).

Grâce aux informations fournies par l'équipe de chercheurs du projet Equit'Area, nous avons pu comparer ces résultats à ceux d'autres zones d'études franciliennes. Nous retrouvons des résultats assez similaires. Nous présentons ainsi ci-après les variables retenues pour Paris et la petite couronne dans le cadre du projet Equit'Area, avec en gras les variables communes à celles sélectionnées pour la zone d'étude SURVOL.

Pour Paris intra-muros, les variables qui composent l'indice pour l'année 2006 sont : **chômage total, non salarie, sans diplôme, CAP BEP, études supérieures, non propriétaire, surface +100m², HLM, immigrés étrangers, revenu médian, artisans, cadres, employés, ouvriers, familles monoparentales.**

Pour la petite couronne de la région parisienne (Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne): moins de 25 ans, **étrangers, chômage total, non salarie, sans diplôme, ménage seul, CAP BEP, bac plus2, études sup, non propriétaire, HLM, immigrés étrangers, revenu médian, cadres, employés, ouvriers, familles monoparentales.**

Malgré des territoires aux profils bien différents, 12 variables sont communes aux trois indices SES spécifiques aux zones d'études : SURVOL, Paris intra-muros et petite couronne de la région parisienne. Ces résultats proches montrent qu'il existe un groupe de variables de base pour caractériser la défaveur sociale à l'échelle de l'IRIS. Les variables non communes traduisent les spécificités des différentes zones d'études.



Si on compare les résultats de l'indice SES avec ceux de l'indice de Townsend, on retrouve les IRIS des mêmes communes (dans un ordre parfois un peu différent), que ce soit en situation de défaveur sociale et matérielle (La Courneuve, Meaux, Stains, Saint Denis, Aulnay-sous-Bois, Sarcelles, Garges-lès-Gonesse, etc.), ou de faveur (Osny, Pontault-Combault, Ozoir-la-Ferrière, Lésigny, Marolles-en-Brie, Gressy, Lésigny, etc.).

Pour cartographier l'indice de Townsend et l'indice SES, nous avons utilisé le mode de discrétisation des effectifs égaux (même nombre d'IRIS par classe), afin de comparer rigoureusement les répartitions associées aux deux indices étudiés.

2.3.3 Comparaison des indices de Townsend et SES

Afin de comparer les deux indices, nous avons calculé le coefficient de corrélation de Brauvis-Pearson⁸ au moyen du logiciel Matlab⁹, et en enlevant les dix IRIS présentant des valeurs manquantes. Le nuage de points représentant les résultats de l'indice de Townsend en fonction de l'indice SES retranscrit une relation linéaire et positive entre les deux indices (cf. figure 3). Avec un coefficient de corrélation de 0,97, l'indice de Townsend et l'indice SES s'avèrent très corrélés. Ils retranscrivent ainsi la même forme de défaveur sociale et matérielle, bien qu'ils utilisent des méthodologies et des choix de variables différents.

⁸ Indice statistique qui exprime l'intensité et le sens de la relation linéaire entre deux variables quantitatives. Calculé avec la covariance et les écarts types, il varie entre -1 et 1. L'intensité de la relation sera forte si le coefficient est proche de 1 ou -1, faible s'il est proche de 0.

⁹ Les IRIS de type « Activité » et « Divers » ont été traités comme des individus illustratifs dans le cadre de cette analyse statistique.

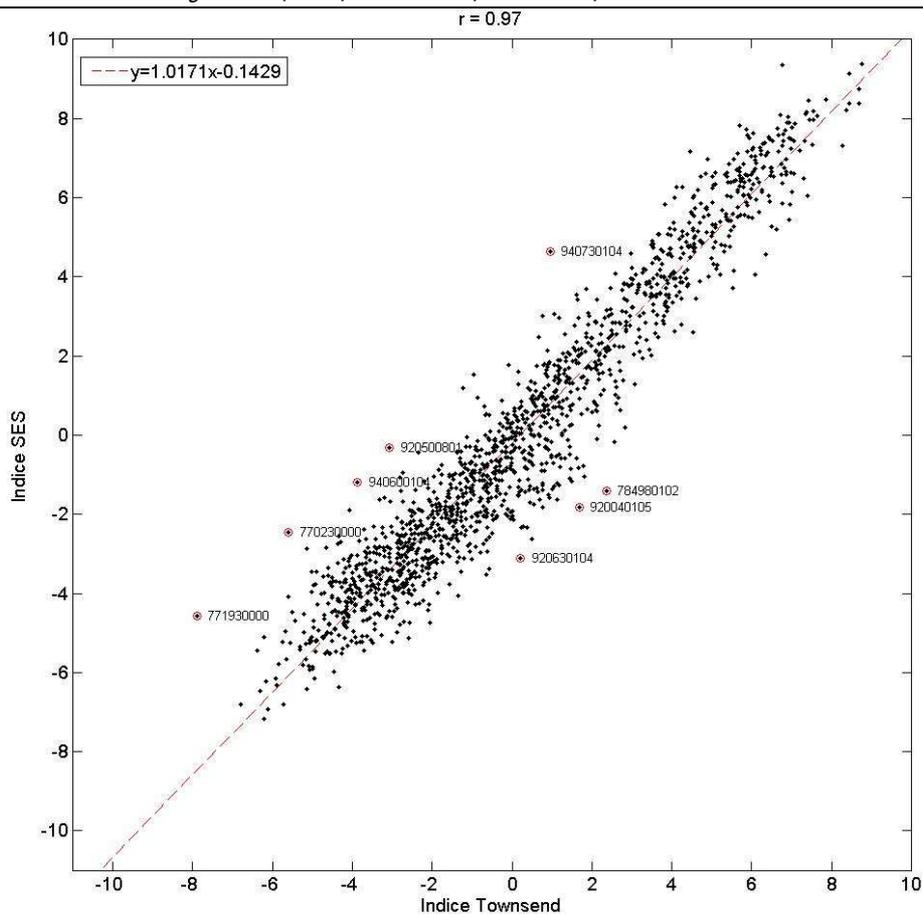


Figure 3 : Nuage des valeurs par IRIS pour les indices Townsend et SES¹⁰

3. Caractérisation de l'exposition des populations au bruit et à la pollution atmosphérique

3.1. Données disponibles pour le bruit

Les indicateurs de bruit retenus pour construire le SIG sont le bruit lié au trafic routier, le bruit lié au trafic ferré et le bruit lié au trafic aérien, évalués à travers les indicateurs énergétiques (notamment l'indicateur harmonisé européen Lden), qui sont les seuls à être disponibles de manière exhaustive à l'échelle des zones d'étude à ce jour.

Les données de bruit qui ont été utilisées sont ainsi issues des cartes stratégiques de bruit produites par les autorités compétentes en application de la directive européenne 2002/CE/49. La directive européenne et sa transposition en droit français demande à ce que soient produites et publiées des cartes de bruit aux abords des grandes infrastructures de transport et au sein des grandes agglomérations.

¹⁰ Nous avons signalé sur la figure 3, des exemples d'IRIS présentant les dissimilarités les plus importantes entre l'indice de Townsend et SES. Il s'agit par exemple, des IRIS des communes de Poissy, Asnières-sur-Seine, et Rueil-Malmaison. Ces différences s'expliquent par la variable "part des ménages possédant une voiture" composant l'indice de Townsend. S'agissant d'IRIS plutôt aisés, le fait de ne pas posséder une voiture ne correspond pas un indicateur de défaveur sociale. Cette différence marque la singularité de la région parisienne, et plus particulièrement de Paris et sa petite couronne, où les habitants n'ont pas forcément la nécessité de posséder une voiture (réseau de transport à proximité, moyens financiers confortables permettant d'utiliser les services de location de véhicules ou de taxis).

En Ile-de-France sont ainsi concernés les abords des grandes infrastructures sur l'ensemble du territoire ainsi que la totalité de l'agglomération parisienne au sens INSEE du terme.

Les zones d'étude retenues pour SURVOL sont pour partie seulement incluses dans l'agglomération parisienne. De ce fait, les cartes de bruit qui ont été exploitées au sein des zones d'étude SURVOL n'ont pas la même résolution selon que l'on se situe au sein de l'agglomération parisienne ou à l'extérieur.

Ainsi, dans les portions des zones d'étude situées au sein de l'agglomération parisienne (les limites de l'agglomération parisienne sont indiquées en pointillé rouge sur les cartes présentées plus loin), les données utilisées sont celles qui sont issues des cartographies produites par les collectivités locales et qui documentent le bruit généré par l'ensemble des réseaux routier et ferré. Pour les parties situées hors agglomération, les données utilisées sont issues des cartes de bruit des grandes infrastructures de transport terrestre réalisées par les services de l'Etat au sein de chaque département d'Ile-de-France. Elles représentent uniquement le bruit engendré par les infrastructures dont les seuils de trafic dépassent les 6 millions de véhicules/an pour les voies routières et les 60 000 trains/an pour les voies ferroviaires.

Pour ce qui est des données relatives au bruit du trafic aérien, Aéroports de Paris a mis à disposition les données des modélisations effectuées pour produire les courbes d'environnement sonore relatives à l'année 2006.

Pour chaque source de bruit, les cartographies fournissent, à une résolution très fine (échelle du bâtiment), les niveaux de bruit exprimés, par plage de 5 en 5 dB(A), selon les indicateurs harmonisés européens Lden et Ln, et ce, à partir de 55dB(A) pour l'indicateur Lden et à partir de 50dB(A) pour l'indicateur Ln. Elles fournissent également les zones de dépassement des valeurs seuils fixées par la France par transposition de la directive européenne.

Les données prises en compte pour cette étude sont celles correspondantes aux calculs réalisés sans prendre en compte la dernière réflexion, permettant ainsi de pouvoir caractériser l'exposition au bruit des bâtiments selon les exigences de la directive européenne. Le niveau maximum en façade est affecté à chacun des bâtiments. Les niveaux sont calculés à 4m de haut et à 2m en avant des façades.

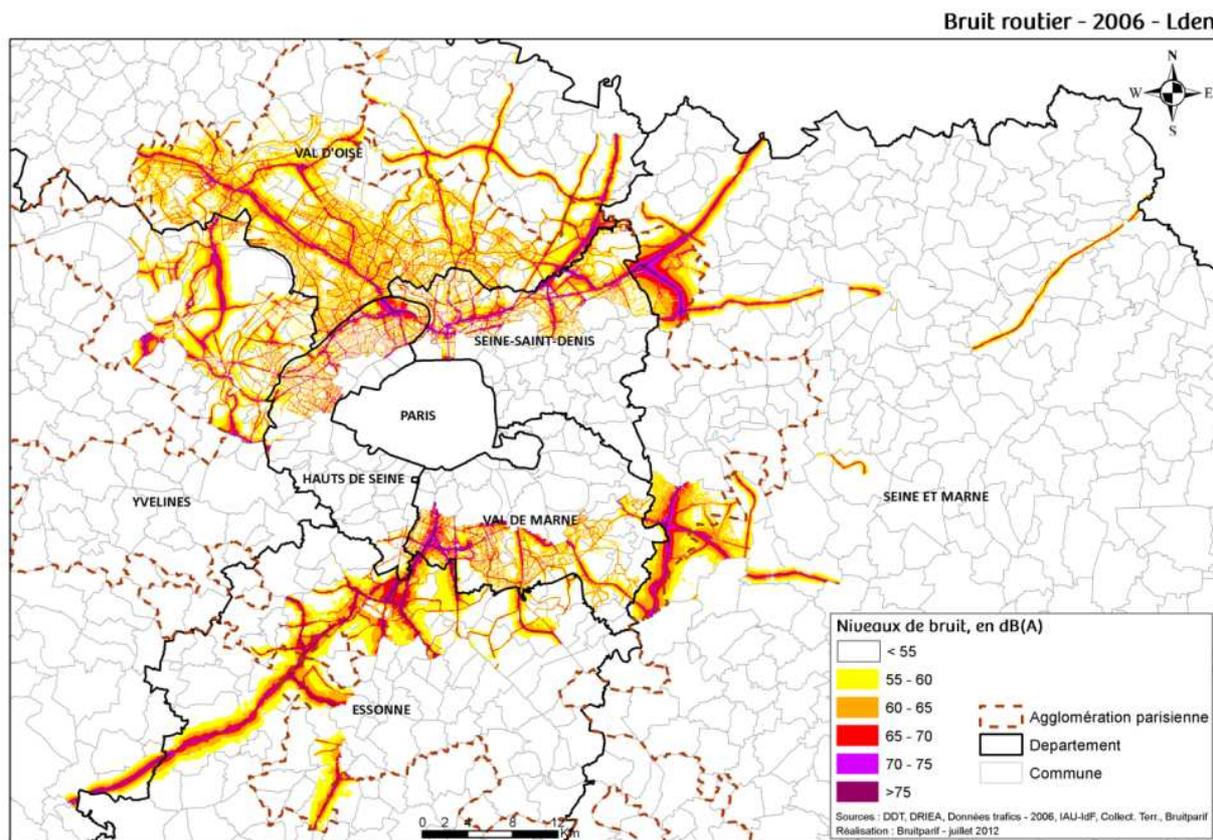
Des représentations des situations de multi-exposition au bruit des transports ont également été développées sur la base de deux approches différentes mises en œuvre par Bruitparif :

- Une approche qualitative permettant de mettre en évidence les secteurs où les valeurs limites sont dépassées pour plusieurs sources de bruit ;
- Une approche davantage quantitative correspondante au calcul en tout point des zones d'étude de l'indicateur de multi-exposition dit « Miedema », indicateur en cours de validation au niveau national et qui est présenté dans le cadre du volet 1 du projet SURVOL. Nous renvoyons le lecteur au rapport relatif au volet 1 pour davantage d'éléments d'explication sur cet indicateur.

Les cartes ci-après présentent ainsi les différentes données de bruit utilisées pour la mise en place du SIG Survol.

Carte du bruit routier :

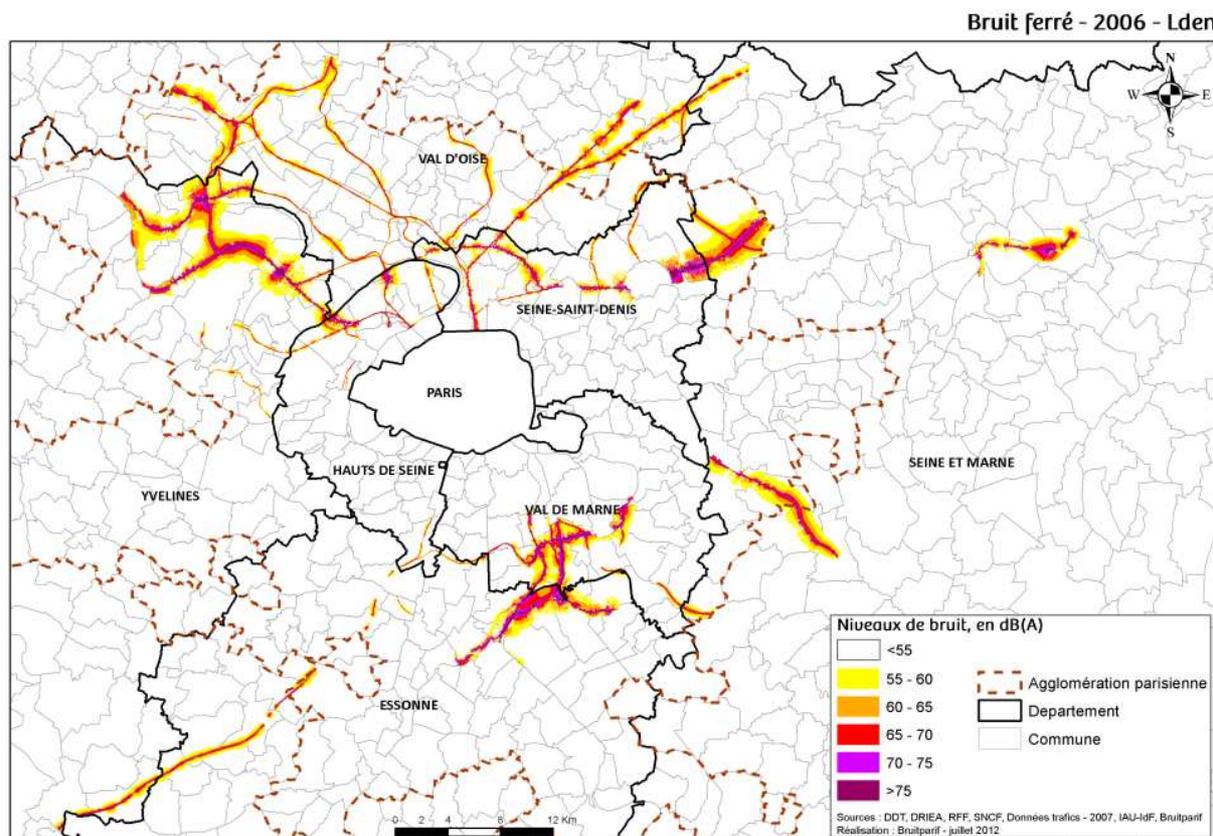
La carte du bruit routier fait ressortir les grands axes routiers de la région qui convergent vers Paris : l'A1 l'autoroute du Nord, la jonction de l'A15 et de l'A86 dans le Nord des Hauts-de-Seine, l'A10 et l'A6 au sud. En Seine-et-Marne, la « Francilienne » ressort bien dans les deux parties de notre zone d'étude comme un axe déployant des niveaux de bruit importants sur une large bande.



Carte 6 : Bruit routier – 2006 – Lden

Carte du bruit ferré :

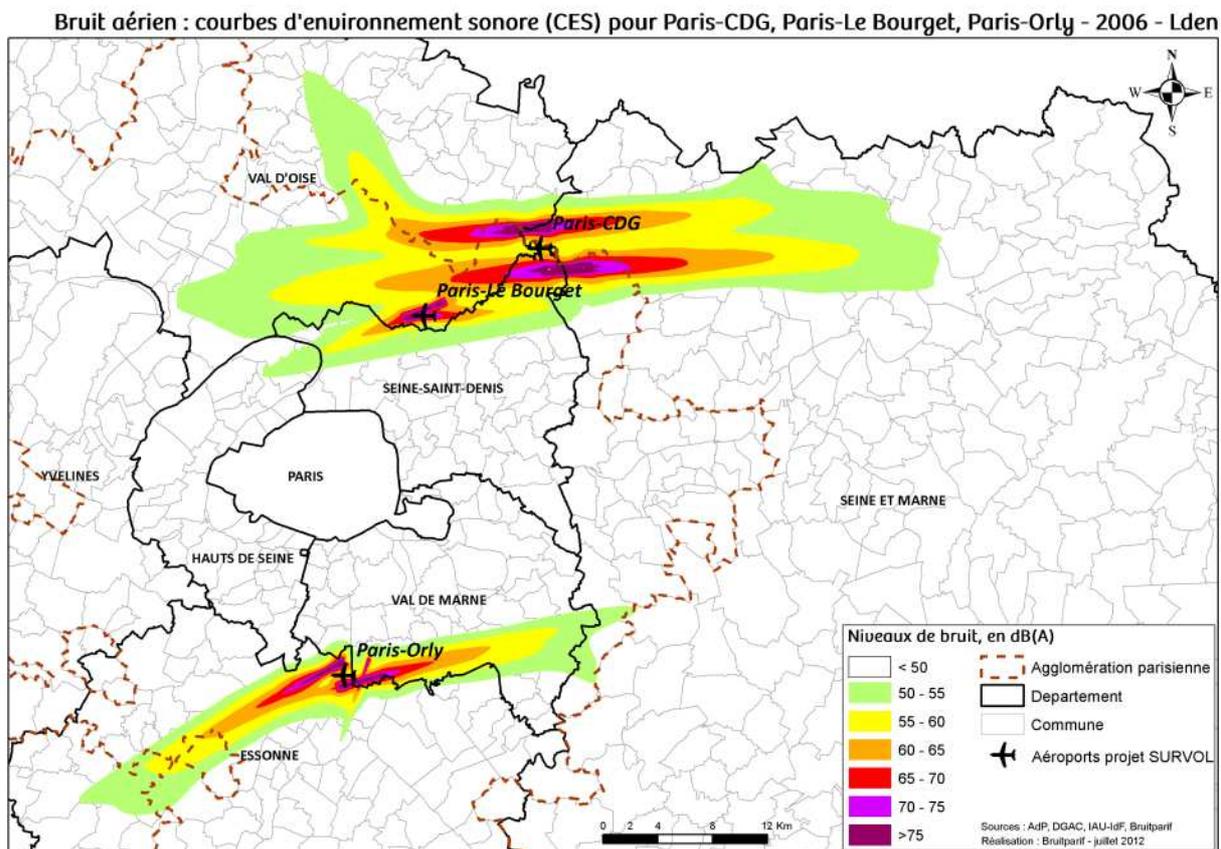
La carte du bruit ferré fait ressortir les principales liaisons ferroviaires d'Ile-de-France qui traversent les zones d'étude.



Carte 7 : Bruit ferré – 2006 – Lden

Carte du bruit aérien :

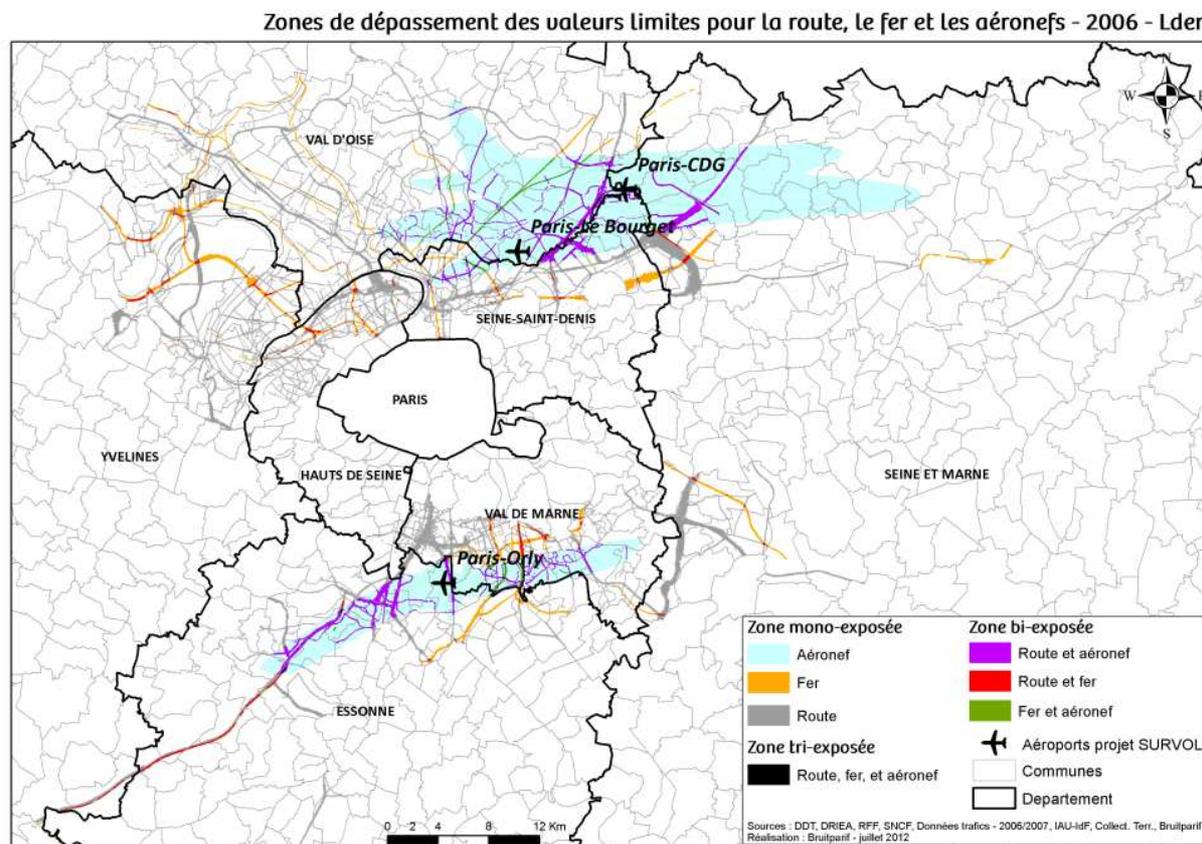
Les courbes d'environnements sonores illustrent bien les larges zones sur lesquelles s'étend le bruit des survols d'avions. Les avions survolant les habitations, rien ne peut faire écran à la propagation des ondes sonores, contrairement au bruit routier et ferré.



Carte 8 : Bruit aérien : Courbes d'Environnement Sonore des aéroports franciliens (2006)

Carte des situations de dépassement des valeurs limites

Cette carte présente les zones de mono, bi, tri-dépassement des valeurs limites en Lden pour chacune des sources de bruit (routier, ferré, aérien).



Carte 9 : Zones de dépassement des valeurs limites pour la route, le fer, et les aéronefs (2006)

Carte de l'indicateur de multi-exposition dit Miedema

Le calcul de l'indicateur de multi-exposition « Miedema » en tout point du territoire n'est possible que si l'on dispose pour les trois sources de bruits (route, fer, avion) d'un maillage spatial identique. Les données exploitées issues de projets différents présentaient des maillages hétérogènes, aussi la condition requise n'a pu être satisfaite¹¹. Toutefois, il a été possible de calculer au sein des zones d'étude la valeur de l'indicateur de multi-exposition « Miedema » pour chaque bâtiment sur la base des niveaux d'exposition en façade pour les trois sources de bruit, puis dans un second temps, la part de population exposée au sein de chaque IRIS (cf. carte 17).

¹¹ Les données liées au bruit dont dispose Bruitparif sont celles produites par les collectivités territoriales et les services de l'Etat afin de répondre à la 1ère échéance de la Directive Européenne 2002/49/CE. Ces données sont particulièrement hétérogènes selon les territoires concernés (rendus cartographiques, formats, méthodes de calcul différents). En outre, la zone d'étude SURVOL étant située en partie à l'extérieur de l'agglomération parisienne, ces territoires bénéficient de données moins nombreuses et moins précises que les territoires situés à l'intérieur de l'agglomération (cartes exclusivement produites par les services de l'Etat aux abords des grandes infrastructures de transport, alors qu'au sein de l'agglomération les cartes produites par les collectivités territoriales complètent celles de l'Etat).

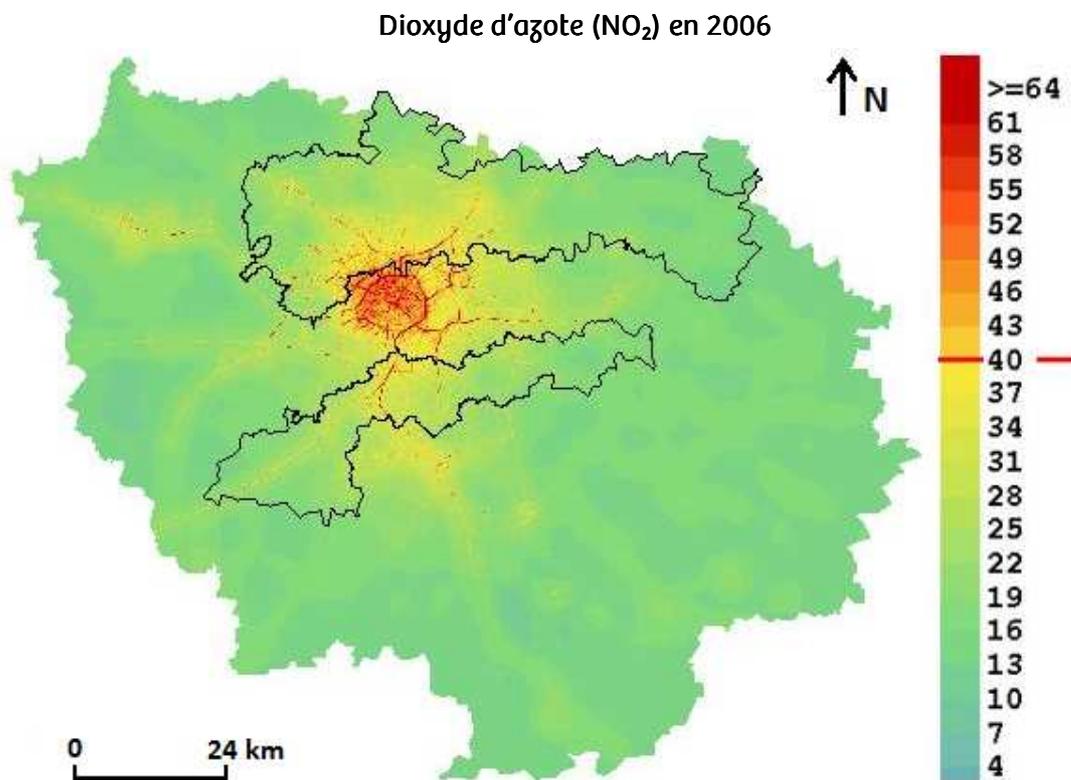
3.2. Données disponibles pour la pollution atmosphérique

De nombreux composés constituent la pollution atmosphérique. Aucun indicateur ne permet actuellement de traduire les effets du cocktail de polluants sur la santé. Ainsi un polluant traceur est retenu, le dioxyde d'azote (NO_2). Le NO_2 est un bon indicateur de la pollution atmosphérique urbaine. Ce polluant est représentatif des émissions issues des appareils à combustion en lien avec les plateformes aéroportuaires qu'il s'agisse des avions, des véhicules automobiles ou des installations fixes au sol (unités de chauffage par exemple). Si les particules proviennent des mêmes sources, les niveaux sont plus homogènes sur l'Ile-de-France. Les niveaux de NO_2 ont une variabilité permettant de mieux refléter les différentes situations d'exposition de la population à la pollution atmosphérique dans la zone d'étude.

Le NO_2 est un des polluants surveillés par Airparif sur toute l'Ile-de-France par des stations de mesure fixes, des campagnes spécifiques ainsi que des systèmes de modélisation des niveaux généraux ambiants et ceux à proximité du trafic routier ou d'autres sources spécifiques. Des cartographies des niveaux de NO_2 sont produites tous les ans.

Pour caractériser la qualité de l'air à l'échelle des zones d'étude, Airparif a mis à disposition les modélisations des concentrations moyennes annuelles en NO_2 pour l'année 2006.

Les données utilisées dans l'étude correspondent aux niveaux de NO_2 évalués selon un maillage régulier de 50 m de résolution. Les niveaux les plus élevés sont constatés au cœur de l'agglomération parisienne. Dans les zones d'étude, les grands axes routiers (A1 et A6 notamment) ressortent particulièrement.



Carte 10 : Concentration moyenne annuelle de NO_2 en 2006 (Source : Airparif)

3.3. Données d'exposition environnementale évaluées à l'IRIS

On a vu précédemment que les modélisations des pollutions sonores et atmosphériques sont réalisées à des échelles fines permettant de disposer d'estimations des niveaux en façade des bâtiments pour le bruit et à une résolution de 50 m pour la pollution atmosphérique.

Que ce soit pour les niveaux de bruit ou pour la concentration de NO₂, il n'est pas pertinent de moyenner les valeurs à l'échelle de l'IRIS pour évaluer l'exposition de la population. En effet, le niveau d'exposition aux pollutions est en grande partie lié à la distribution des sources à l'intérieur de l'IRIS. Par exemple, les sources de pollutions liées aux transports terrestres étant principalement linéaires (routes, voies ferrées), deux personnes habitant au sein d'un même IRIS ne sont pas forcément exposées aux mêmes niveaux de pollutions.

Pour s'affranchir de ce problème d'échelle et prendre en compte cette variation, l'exposition au bruit et à la pollution atmosphérique a été estimée, non pas en classes de décibels (dB(A)) ou de microgrammes par mètre cube d'air (µg/m³), mais en part de population exposée par IRIS à un niveau supérieur à une valeur seuil.

Les valeurs seuil retenues correspondent aux valeurs limites réglementaires définies par l'article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006 pour le bruit des différentes sources de transport (Valeur Limite Lden bruit aérien = 55 dB(A), Valeur Limite Lden bruit routier = 68 dB(A) et Valeur Limite Lden bruit ferré = 73 dB(A)) et par le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 pour la moyenne annuelle civile en dioxyde d'azote (NO₂) (Valeur Limite NO₂ = 40 µg/m³).

Pour l'indicateur de multi-exposition sonore dit « Miedema » (cf. 3.1), la valeur limite prise pour cet indicateur correspond à un Lden équivalent route de 68 dB(A).

Afin de connaître le nombre de personnes exposées à des dépassements des valeurs limites par IRIS et pour chacune des sources de pollution, deux couches d'informations ont été croisées :

- La couche des bâtiments des IRIS auxquels il a été précédemment attribué une population par l'IAU-îdF (couche du densimos),
- les niveaux de bruit ou de pollution atmosphérique issus de la modélisation (points ou polygones) et évalués en façade de chaque bâtiment.

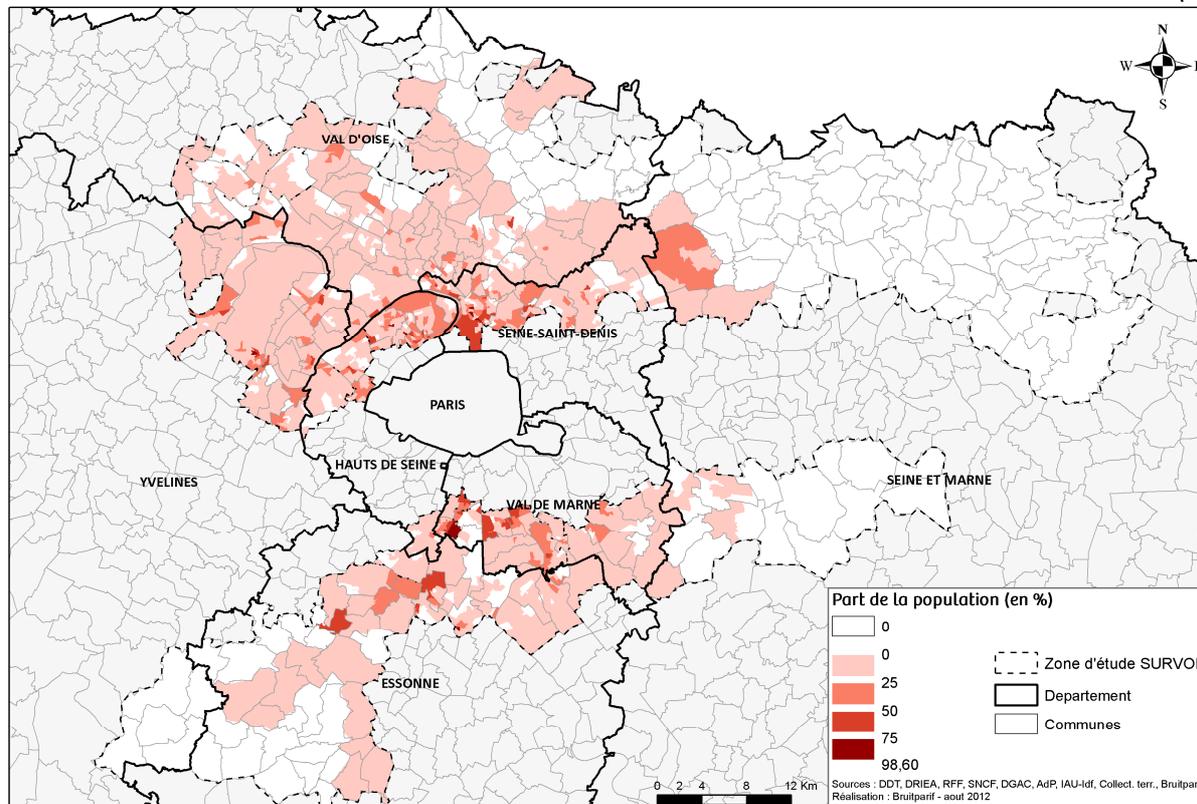
En croisant ces deux couches d'informations, le nombre de personnes exposées à des niveaux Lden supérieurs aux seuils fixés pour les différentes sources de bruit a été calculé par Bruitparif. Ce calcul a été effectué sur la base du niveau de bruit le plus élevé évalué en façade de chaque bâtiment, conformément à la méthode préconisée par la directive 2002/49/CE.

Les données concernant le nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur limite en moyenne annuelle pour le NO₂ ont été directement fournies par Airparif.

Les cartes ci-après présentent les résultats obtenus à l'IRIS pour les indicateurs d'exposition des populations aux différentes variables environnementales étudiées.

Bruit routier :

Population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit routier en 2006, par IRIS
Indicateur Lden - Valeur limite : 68dB(A)

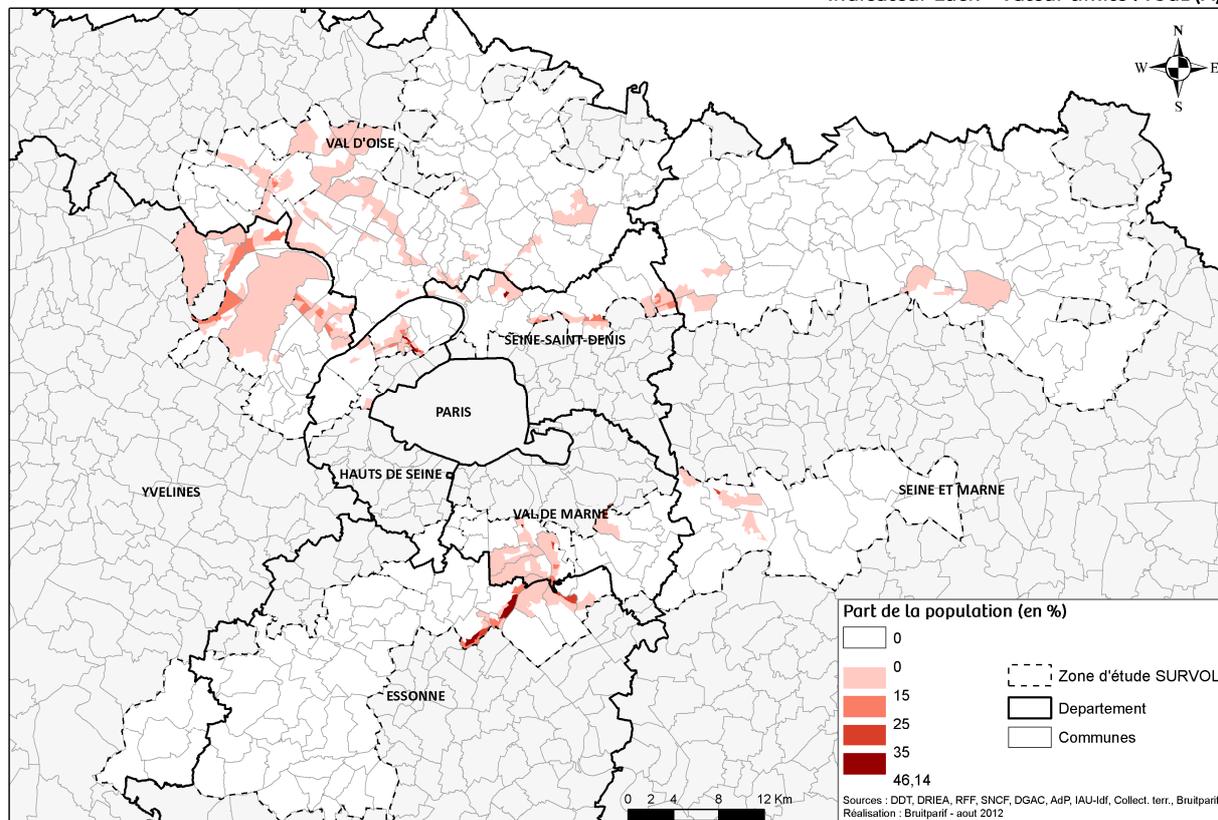


Carte 11 : Population surexposée au bruit routier par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

En termes de population surexposée au bruit routier, certains IRIS ressortent très clairement avec une part de la population surexposée supérieure à 50 % : il s'agit par exemple de plusieurs IRIS de Saint-Denis (93) dans la zone Nord et de certains IRIS de Fresnes (94), Thiais (94), Les Ulis (91) et Chilly-Mazarin (91).

Bruit ferré :

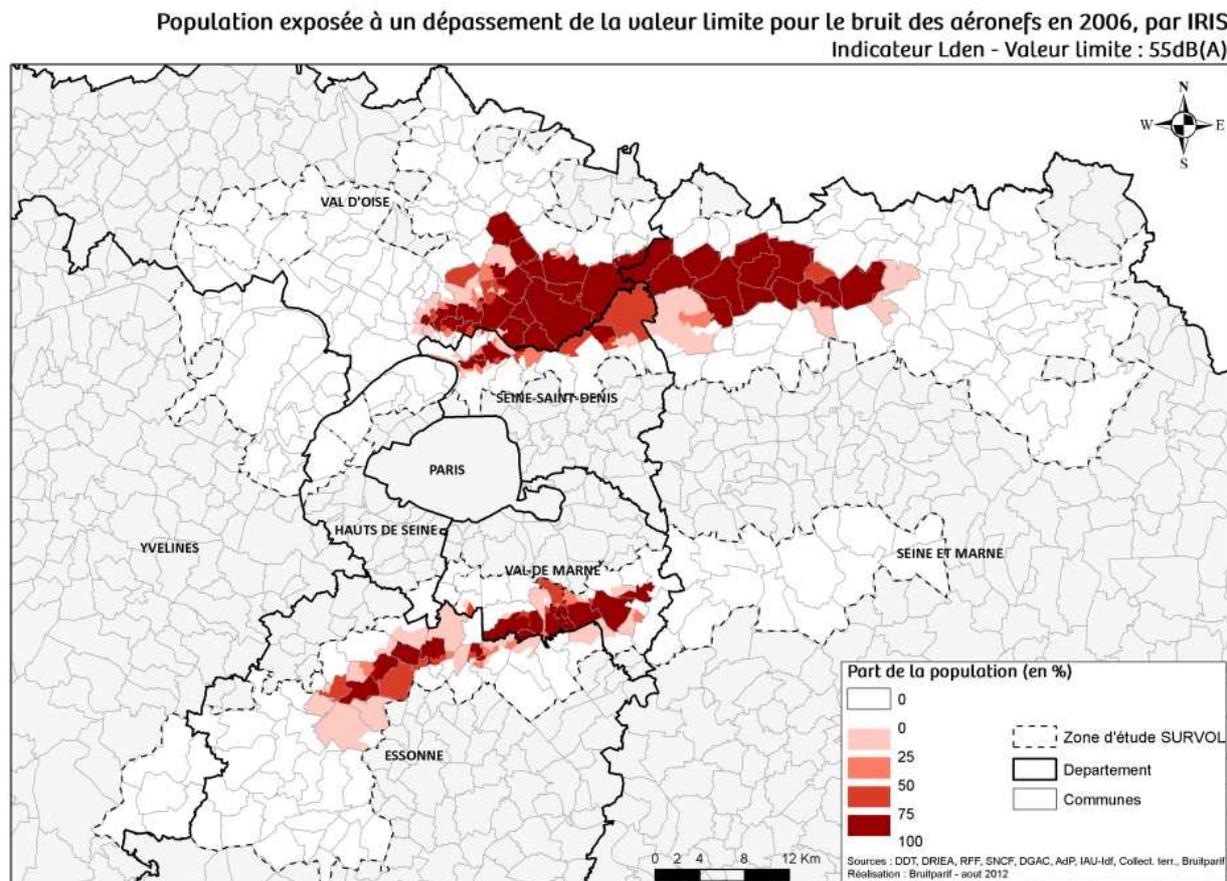
Population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit ferré en 2006, par IRIS
Indicateur Lden - Valeur limite : 73dB(A)



Carte 12 : Population surexposée au bruit ferré par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

En termes de population surexposée au bruit ferré, certains IRIS ressortent très clairement avec une part de la population surexposée supérieure à 35 %. Il s'agit de certains IRIS d'Asnières-sur-Seine (92) et Bois-Colombes (92), de Stains (93) dans la zone Nord, d'Athis-Mons (91), de Saigny-sur-Orge (91) et de Choisy-Le-Roi (94) dans la zone Sud.

Bruit aérien :



Carte 13 : Population surexposée au bruit des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les IRIS où la part de la population est très exposée (plus de 75%) se concentrent logiquement sous les couloirs aériens des trois aéroports. Dans les zones d'étude, on constate un phénomène de « tout ou rien » : les IRIS subissant une surexposition au bruit aérien (sur la base de la valeur limite fixée à 55 dB(A) en Lden) concernent la moitié des zones d'étude, et parmi ces IRIS surexposés, la grande majorité possède des parts très importantes de populations concernées (> 75 % pour la plupart). Les communes ayant au moins un IRIS dans cette configuration sont les suivantes :

Au sein de la zone d'étude Nord :

- dans le Val d'Oise : Epiais-les-Louves, Roissy-en-France, Goussainville, Le Thillay, Gonesse, Bonneuil-en-France, Arnouville-les-Gonesse, Garge-les-Gonesse, Sarcelles, Montmagny, Groslay, Deuil-la-Barre, Montmorency, Soisy-sous-Montmorency, Saint-Brice-sous-Forêt, Ecoen, Villiers-le-Bel, Bouqueval, le Plessis-Gassot, Le Mesnil-Aubry ;
- en Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Stains, Dugny, Villepinte ;
- en Seine-et-Marne : Mauregard, Le Mesnil-Amelot, Villeneuve-sous-Dammartin, Thieux, Compans, Saint-Mard, Juilly, Nantouillet, Montge-en-Goele, Vinantes, Le Plessis-aux-bois, Iuery, Le Plessis-L'évêque, Monthyon.

Au sein de la zone d'étude Sud :

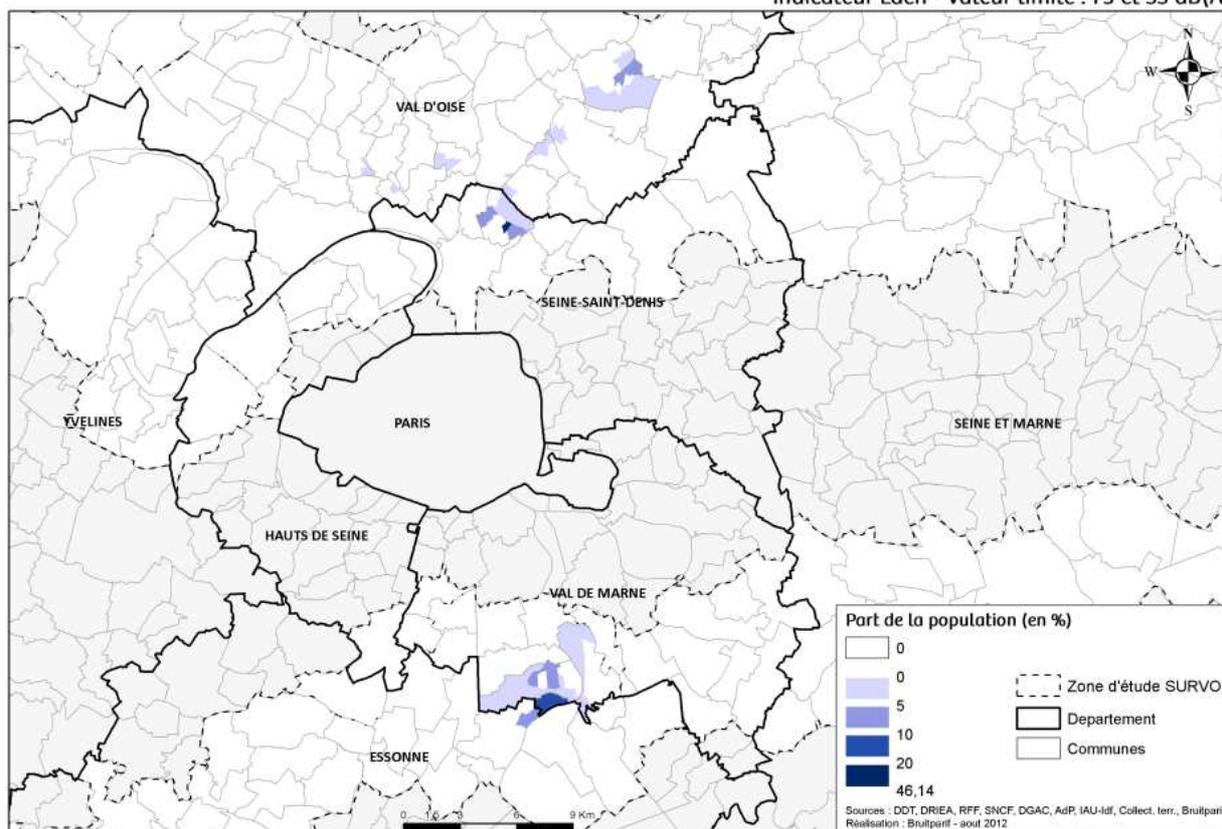
- dans le Val-de-Marne : Villeneuve-le-Roi, Ablon-sur-Seine, Villeneuve-Saint-Georges, Valenton, Limeil-Brévannes, Boissy-saint-Léger, Sucy-en-Brie ;
- dans l'Essonne : Paray-Vieille-Poste, Athis-Mons, Chilly-Mazarin, Champlan, Villebon-sur-Yvette, Villejust.

Multi-exposition au bruit des transports

Bi-exposition au bruit des aéronefs et au bruit routier/ferré

Phénomènes moins fréquents que les situations de mono-exposition, les distributions des variables en situation de bi-exposition sont naturellement réduites.

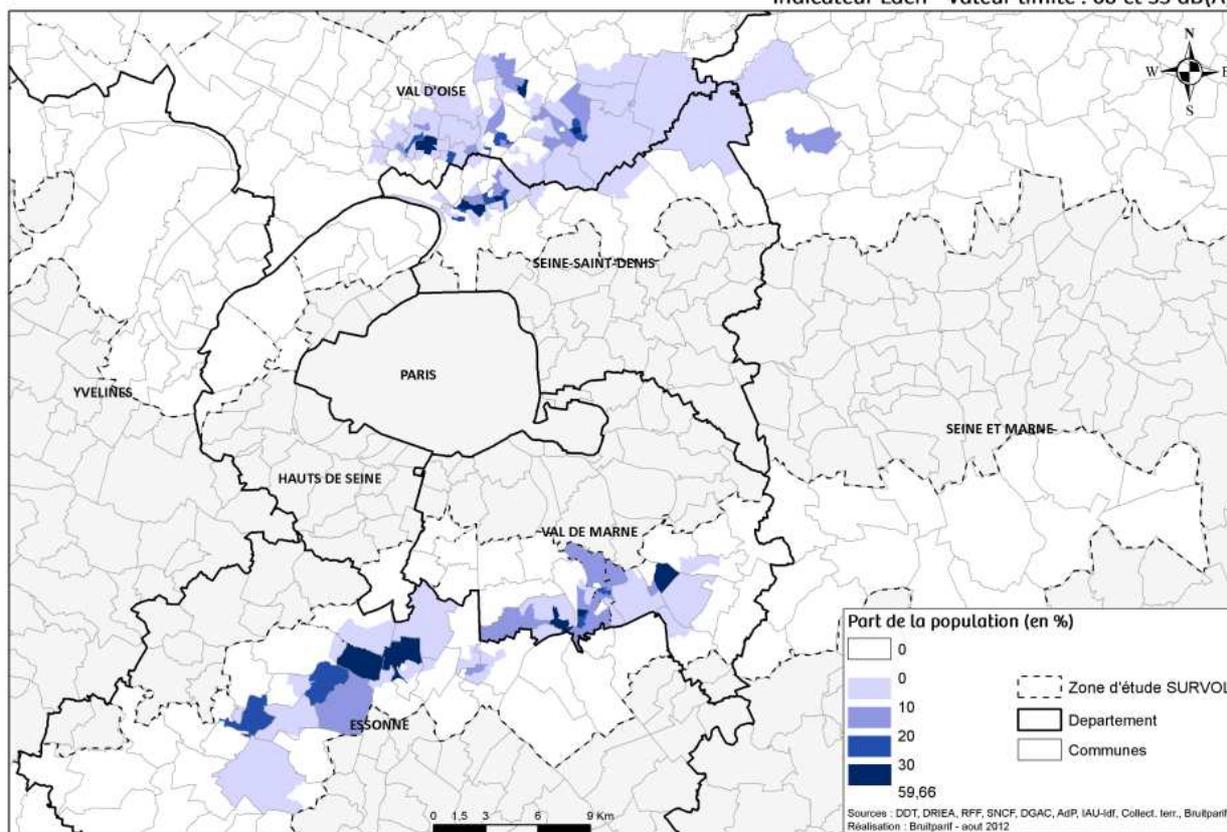
Population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit ferré et des aéronefs en 2006, par IRIS
Indicateur Lden - Valeur limite : 73 et 55 dB(A)



Carte 14 : Population surexposée au bruit ferré et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les IRIS de nos zones d'études où est observée une proportion élevée (> 5 %) de population surexposée à la fois au bruit ferré et au bruit des aéronefs sont situés dans les communes d'Ablon-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi dans le Val-de-Marne (RER D et Paris-Orly) ; Athis-Mons dans l'Essonne, Stains en Seine-Saint-Denis (RER D et Paris-CDG) ; Goussainville dans le Val d'Oise.

Population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit routier et des aéronefs en 2006, par IRIS
Indicateur Lden - Valeur limite : 68 et 55 dB(A)



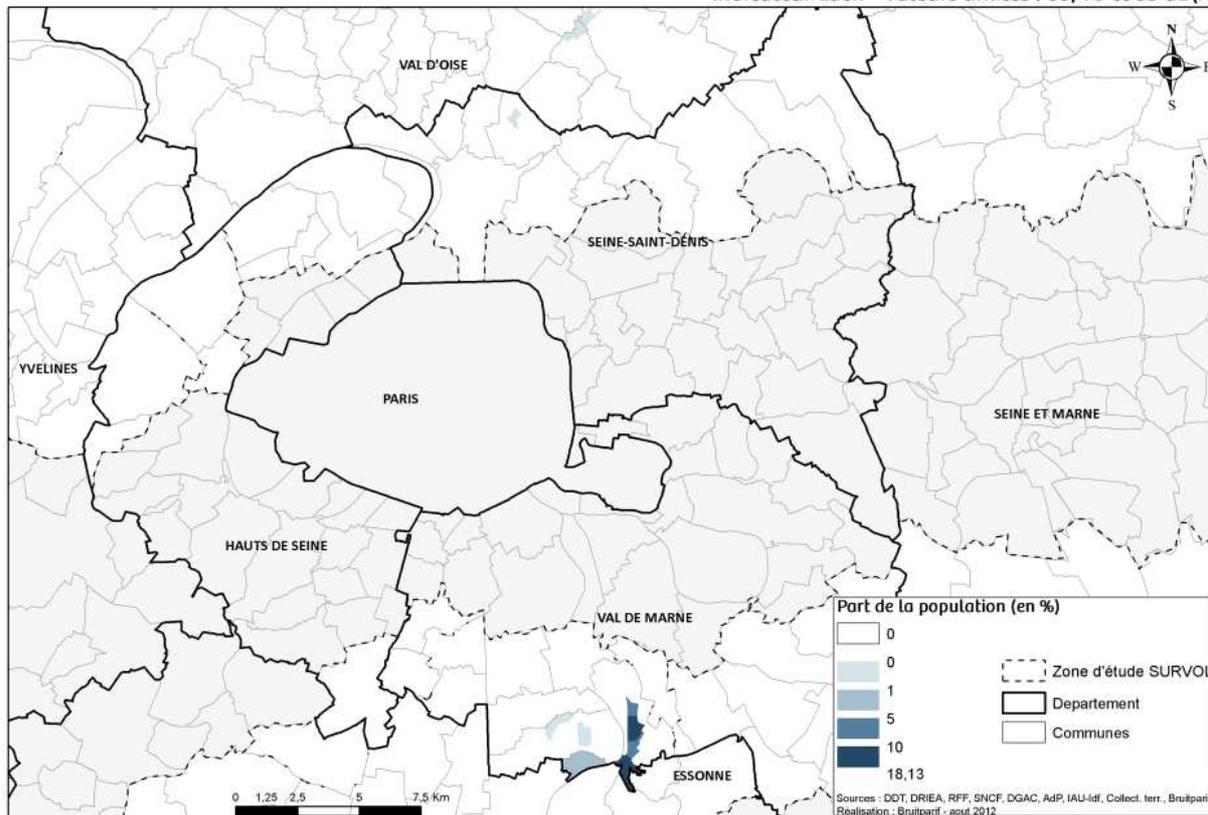
Carte 15 : Population surexposée au bruit routier et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les IRIS où les parts de population surexposée à la fois au bruit routier et au bruit des aéronefs sont les plus élevées (de 20 à 60% des habitants) sont situés dans les communes de Saint-Denis et Stains en Seine-Saint-Denis ; Villiers-le-Bel, Sarcelles, Gonesse, Deuil-la-Barre et Montmorency dans le Val d'Oise ; Villeneuve-Saint-Georges, Villeneuve-le-Roi et Boissy-Saint-Léger dans le Val de Marne ; Champlan, Les Ulis, Villebon-sur-Yvette et Chilly-Mazarin en Essonne.

Tri-exposition au bruit des transports

A partir de la variable « part de population exposée par IRIS à un dépassement des valeurs limite pour à la fois les bruits routier, aérien et ferré » (cf. §3.3), nous avons sélectionné puis sommé à l'IRIS la population surexposée de manière concomitante à ces trois sources.

Population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit routier, ferré et des aéronefs en 2006, par IRIS
Indicateur Lden - Valeurs limites : 68, 73 et 55 dB(A)



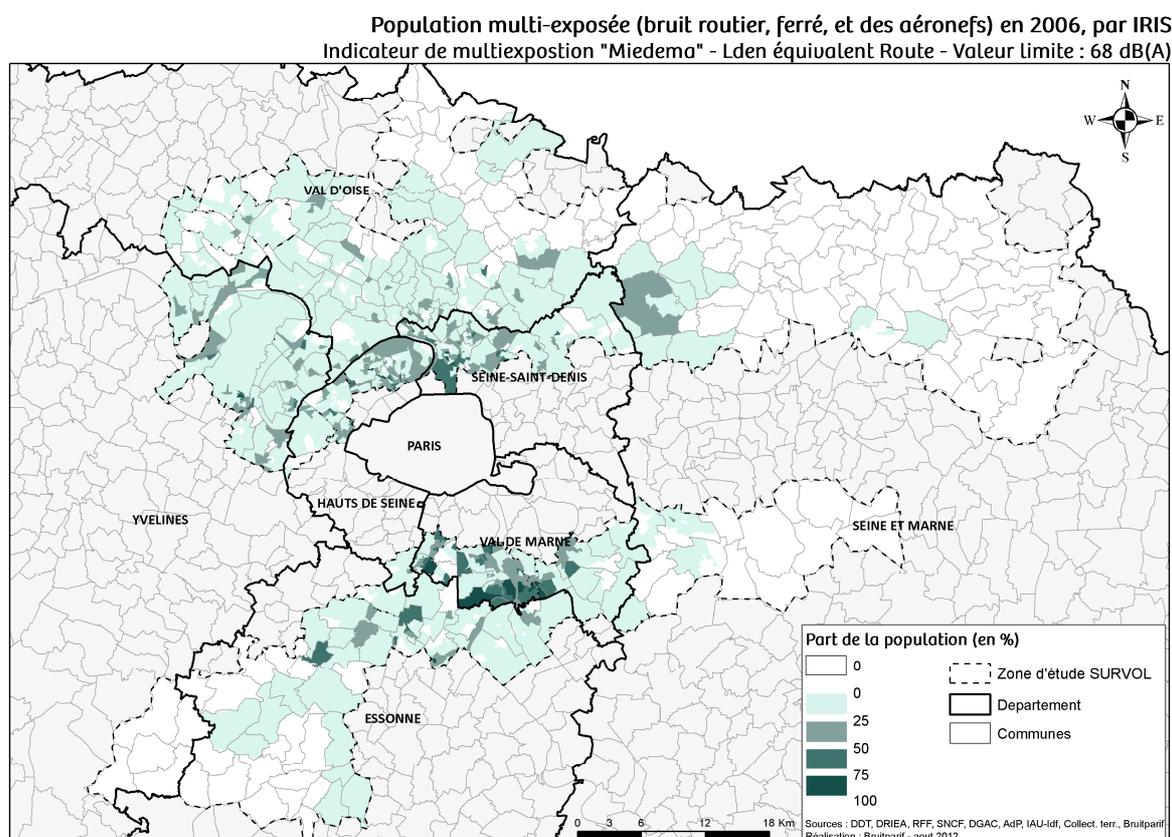
Carte 16 : Population surexposée au bruit routier, ferré et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

On constate que les situations d'exposition cumulée à des dépassements des valeurs limites pour les trois sources de bruit lié aux transports s'observent uniquement dans le Val de Marne. Trois communes sont concernées :

- en premier lieu, la commune de Villeneuve-Saint-Georges qui ressort nettement avec un taux de population surexposée aux trois sources qui atteint 18 % sur certains IRIS en situation de tri-exposition ;
- puis la commune d'Ablon-sur-Seine avec un taux de 2,4% de population surexposée aux trois sources
- et enfin dans une moindre mesure, la commune de Villeneuve-Le-Roi où deux IRIS présentent respectivement 0,1% et 0,4% de population surexposée aux trois sources de bruit.

Indicateur de multi-exposition dit « Miedema »

Nous avons utilisé l'indicateur de multi-exposition dit « Miedema » précédemment présenté au §3.1 et calculé pour chaque IRIS la part de population exposée à une valeur de cet indicateur au-dessus du seuil retenu par référence à la valeur limite du bruit routier (68 dB(A) en Lden). Contrairement à l'approche présentée précédemment, ce mode de calcul permet de représenter sur une même carte toutes les formes de surexposition au bruit des transports (dépassement de la valeur limite équivalente de 68 dB(A) pour l'indicateur de multi-exposition « Miedema » du fait d'une seule source de bruit (mono exposition au bruit routier, ferroviaire ou aérien) ou du fait d'une exposition combinée à plusieurs sources de bruit des transports : route/avion, fer/avion, route/fer et route/fer/avion). Toutefois, nous perdons l'information sur la nature de la combinaison des sources générant potentiellement la multi-exposition.

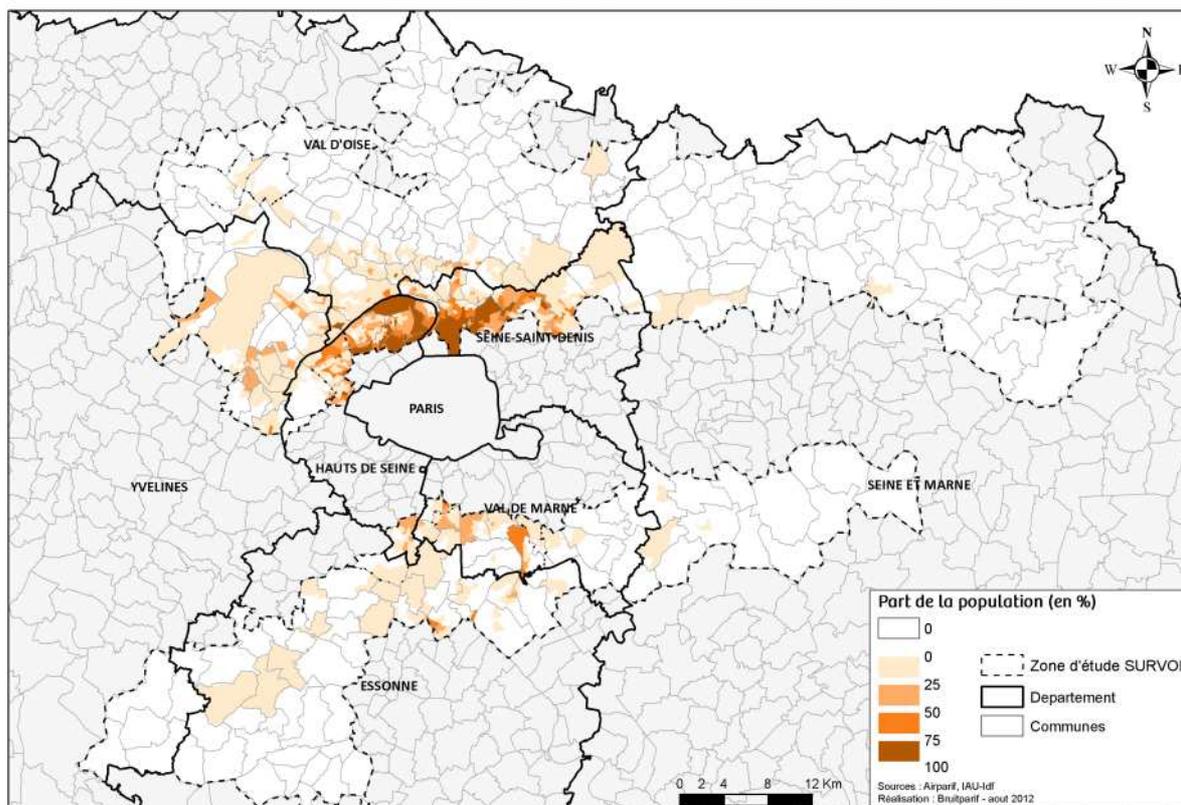


Carte 17 : Population surexposée selon l'indicateur d'exposition multi-sources « Miedema » (bruit routier, ferré, et aérien) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les IRIS où la part de population surexposée selon cet indicateur, toutes sources de bruit des transports confondues, est très importante (plus de 75%) sont situés dans les communes de Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Choisy-le-Roi, Valenton, Fresnes dans le Val-de-Marne ; Savigny-sur-Orge en Essonne, Saint Denis en Seine-Saint-Denis ; Colombes et Bois-Colombes dans les Hauts-de-Seine ; et Saint-Germain-en-Laye dans les Yvelines.

Pollution atmosphérique :

Population exposée à un niveau de dioxyde d'azote (NO₂) supérieur à 40 µg/m³ (valeur limite) en 2006, par IRIS



Carte 18 : Population surexposée au dioxyde d'azote (NO₂) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Au sein des zones d'étude, on constate une très forte proportion (plus de 75%) de population surexposée à la pollution atmosphérique (concentration en NO₂ supérieure à 40 µg/m³) dans certain IRIS des communes de Saint-Denis, La Courneuve, Le Blanc-Mesnil et Le Bourget en Seine-Saint-Denis, et Gennevilliers, Asnières-sur-Seine et La Garenne Colombes dans les Hauts-de-Seine. Ces éléments sont à mettre en regard de la situation observée en dehors des zones d'étude au cœur de l'agglomération parisienne et notamment dans Paris où 9 personnes sur 10 sont exposées à un dépassement de la valeur limite.

4. Croisement des données environnementales avec les variables socio-économiques

Existe-t-il des inégalités sociales face à l'exposition au bruit ou à la pollution atmosphérique ? Les plus défavorisés socialement sont-ils les plus exposés ? L'analyse proposée dans ce chapitre vise à répondre à ces interrogations. Nous présentons dans cette partie les croisements faits au niveau des résultats à l'IRIS entre l'exposition au bruit et/ou à la pollution atmosphérique et le niveau de défaveur sociale, afin de déterminer s'il existe une relation statistique entre ces différentes variables.

Pour cela, il a été nécessaire de définir une méthode d'analyse du croisement entre les données d'exposition aux pollutions environnementales et les données de défaveur sociale des populations.

Nous avons pu recenser une étude qui présente des croisements de données avec des variables proches des nôtres. Il s'agit de l'étude réalisée par l'ORS du Nord-Pas-de-Calais en 2007 sur les inégalités sociales d'exposition à la pollution atmosphérique sur le territoire de Lille Métropole (Declercq & Prouvost, 2007). Cette étude, dans la méthode de mise en œuvre et le choix de l'indice de défaveur sociale (indice de Townsend), est transposable à celle menée dans le cadre du projet SURVOL. Tout comme pour notre étude, elle cherche à croiser des données socio-économiques à l'échelle de l'IRIS, avec des données de qualité de l'air (NO₂ de fond moyen). Nous nous sommes donc inspirés principalement de cette approche pour l'analyse statistique et la représentation du croisement des variables.

Pour le croisement des variables, nous avons réalisé tout d'abord une analyse statistique univariée pour étudier la distribution individuelle de chacune d'entre elles, puis une analyse bivariée. Parmi l'ensemble des variables socio-économiques et des variables liées aux pollutions environnementales, nous en avons sélectionné un nombre réduit pour pouvoir se concentrer sur les croisements les plus pertinents dans le cadre de notre étude. Les variables croisées sont les suivantes :

- *Caractéristiques socio-économiques :*
 - ⇒ *Indice SES*
 - ⇒ *Indice de Townsend*
- *Exposition au bruit :*
 - ⇒ *Part de population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit des aéronefs de 55 dB(A) en Lden*
 - ⇒ *Part de la population multi-exposée (selon l'indicateur dit de « Mediema ») à un dépassement de la valeur limite pour le bruit (équivalent route)*
- *Exposition au NO₂ :*
 - ⇒ *Part de la population exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40µg/m³ en moyenne annuelle*

On s'intéresse à une éventuelle relation causale entre deux variables quantitatives (X et Y), en considérant :

- *X = indice SES, indice de Townsend*
- *Y = Part de population exposée à un dépassement de la valeur limite pour le bruit des aéronefs, pour l'indicateur de multi-exposition ou pour les concentrations en NO₂*

Nous cherchons à expliquer les variations des indices de défaveur sociale (Y) en fonction des variations environnementales (X), selon une fonction linéaire : $Y \approx aX + b$.

4.1. Analyse statistique univariée

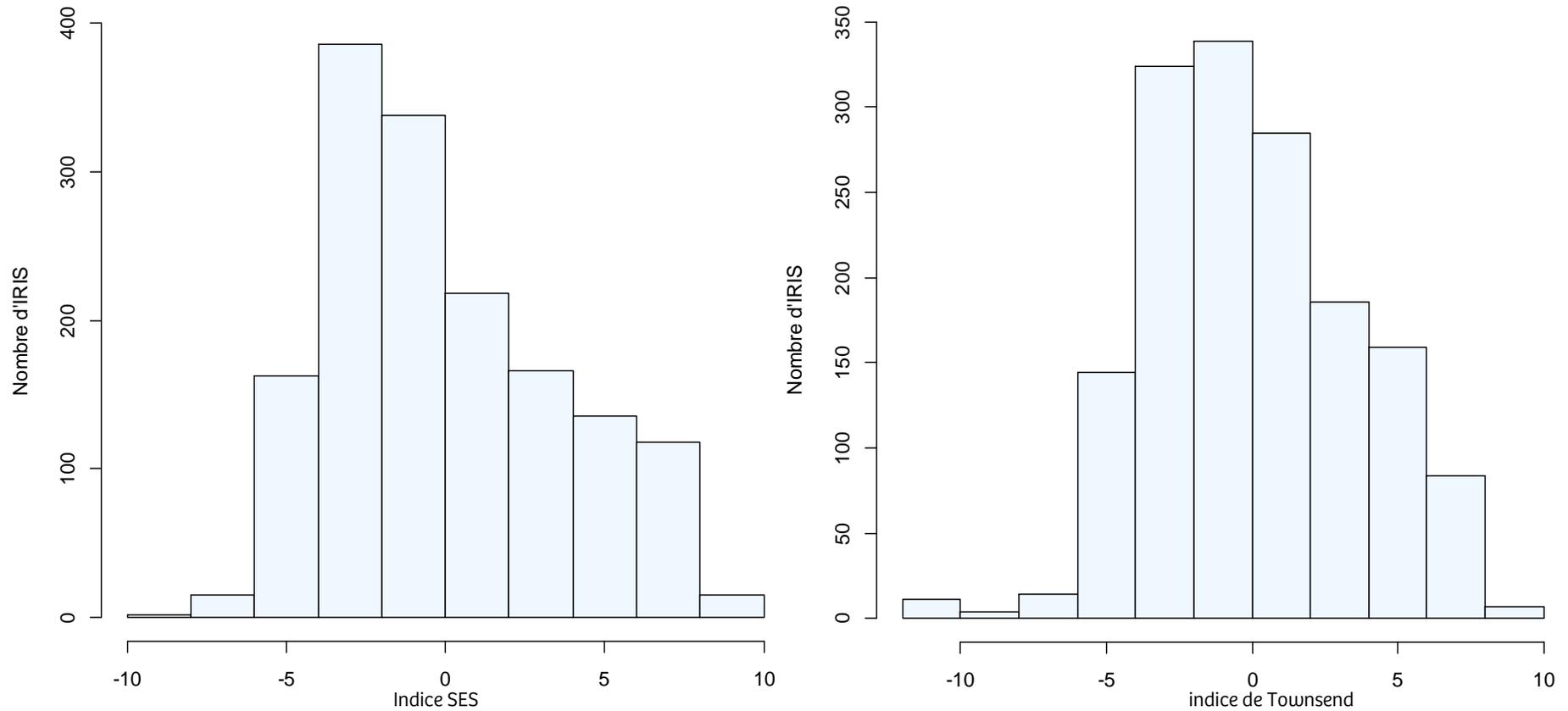
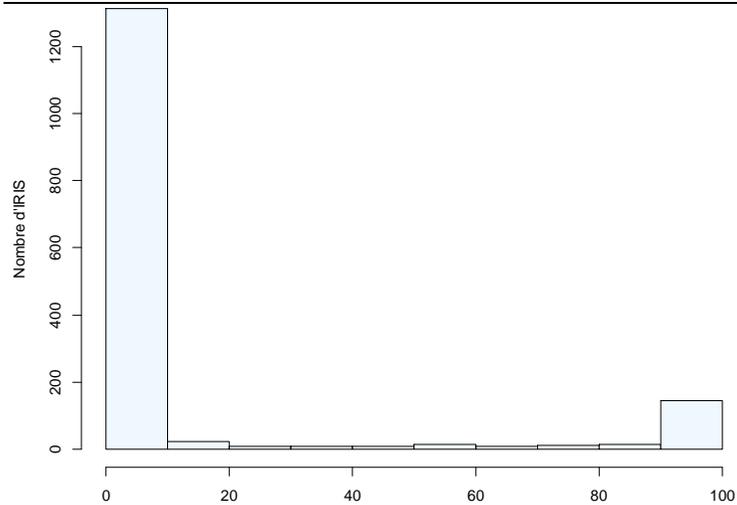
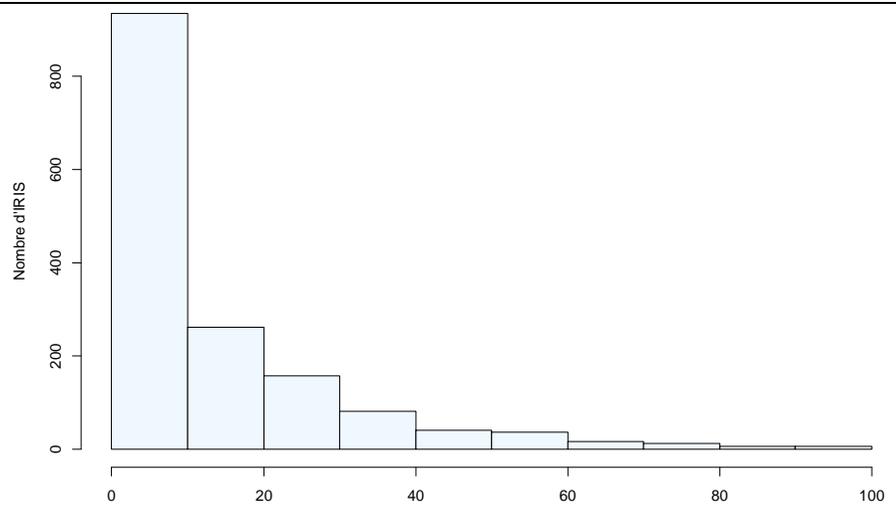


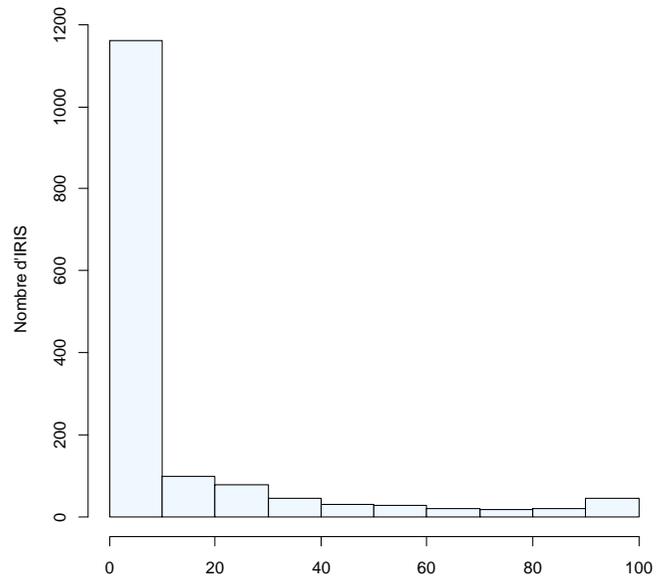
Figure 4 : Histogrammes des indices de défaveur sociale



Pourcentage de population exposée à un niveau supérieur à 55dB(A) pour le bruit des aéronefs



Pourcentage de population surexposée selon l'indicateur de multi-exposition au bruit « Miedema » (équivalent Route)



Pourcentage de population exposée à un niveau de NO2 supérieur à 40 µg /m3

Figure 5 : Histogrammes des variables environnementales

Les histogrammes des variables : pourcentage de population exposée à un niveau supérieur à 55 dB(A) (valeur seuil) pour le bruit des aéronefs, pourcentage de population surexposée au bruit des transports (équivalent Route), et pourcentage de population exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40 µg/m³ (valeur seuil), possèdent une forme de distribution assez proche avec un grand nombre d'IRIS où la part de population exposée est faible.

Il existe néanmoins un groupe relativement important d'IRIS au sein desquels la part de la population exposée au-dessus de la valeur seuil pour le bruit des aéronefs est très importante : ce sont les IRIS situés au sein des Plans de Gênes Sonores des aéroports de Paris-CDG et de Paris-Orly.

4.2. Analyse statistique bivariée

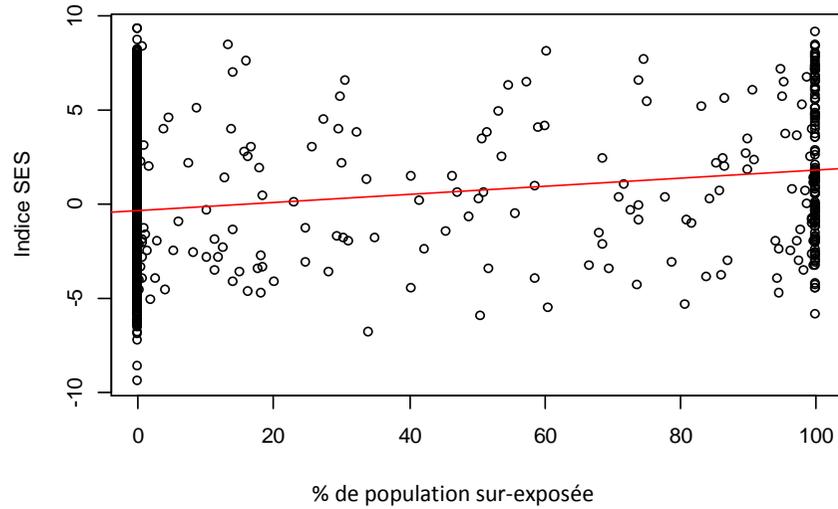
4.2.1. Nuages de points

Le nuage de points (*biplo*) va nous permettre d'apprécier la nature de la relation entre les variables. Il constitue l'une des premières étapes de la recherche de relation statistique entre deux variables quantitatives. En traçant les nuages de points et les droites de régression (cf. figures 6 et 7), on peut apprécier si une relation linéaire existe entre les couples de variables (la droite matérialise la relation linéaire pouvant exister entre deux variables $y = ax + b$).

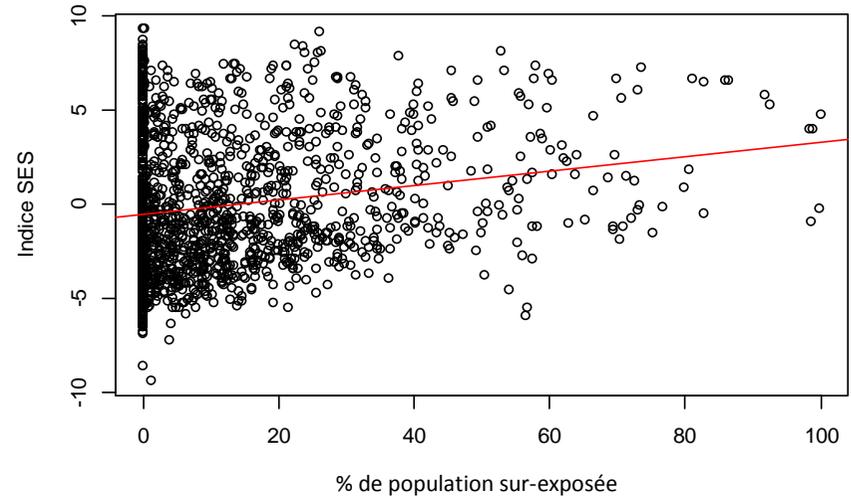
Que ce soit pour l'indice SES ou l'indice de Townsend, nous constatons que les points ne suivent pas rigoureusement la droite des moindres carrés, ce qui ne correspond pas à une corrélation linéaire importante. Toutefois une relation entre les variables croisées n'est pas à exclure, les pentes systématiquement positives des droites de régression traduisent une tendance à l'augmentation simultanée de l'indice de défaveur sociale avec la pollution environnementale.

Les distributions très différentes entre les deux variables liées au bruit et celle de l'indice SES ou de Townsend (cf. histogrammes des figures 4 et 5) se retrouvent. Ce type de distribution « bi-modale » ne facilite pas la mise en évidence des corrélations entre variables.

Pourcentage de population exposée à un niveau supérieur à 55 dB(A) pour le bruit des avions



Pourcentage de population multi-exposée (équivalent Route)



Pourcentage de population exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40 µg/m³

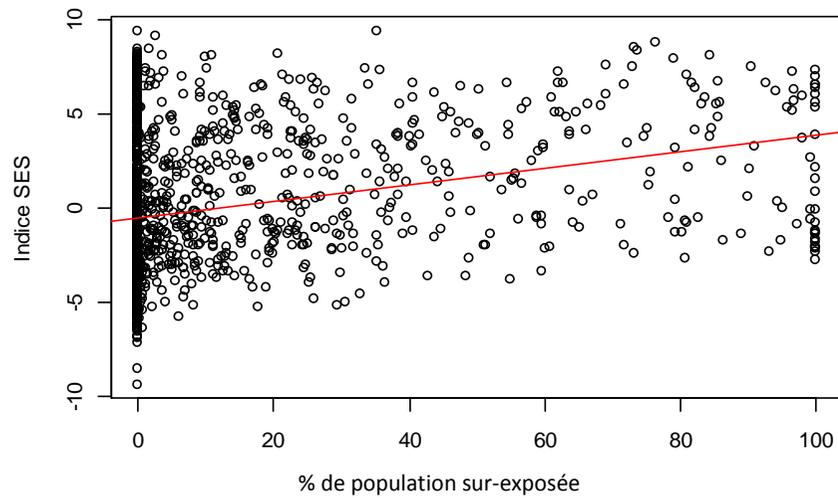
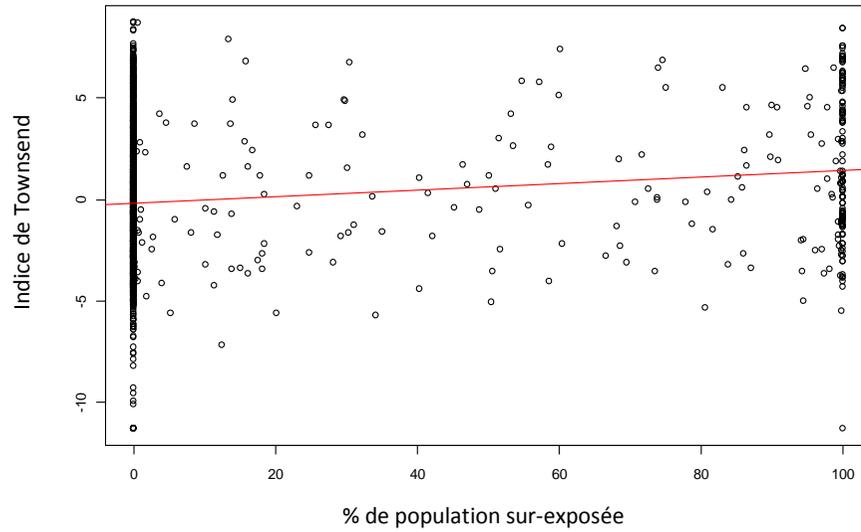
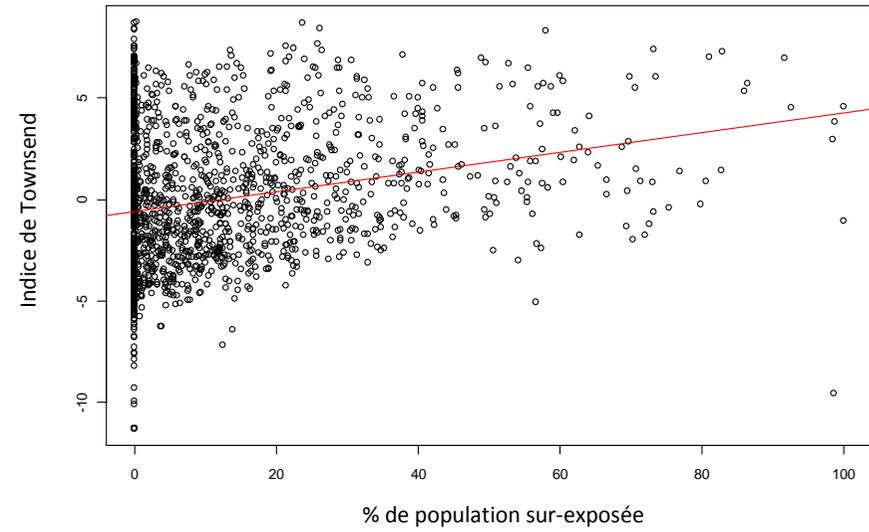


Figure 6 : Nuage de points entre l'indice SES et les variables environnementales

Pourcentage de population exposée à un niveau supérieur à 55 dB(A) pour le bruit des aéronefs



Pourcentage de population multi-exposée (équivalent Route)



Pourcentage de population exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40 µg/m³

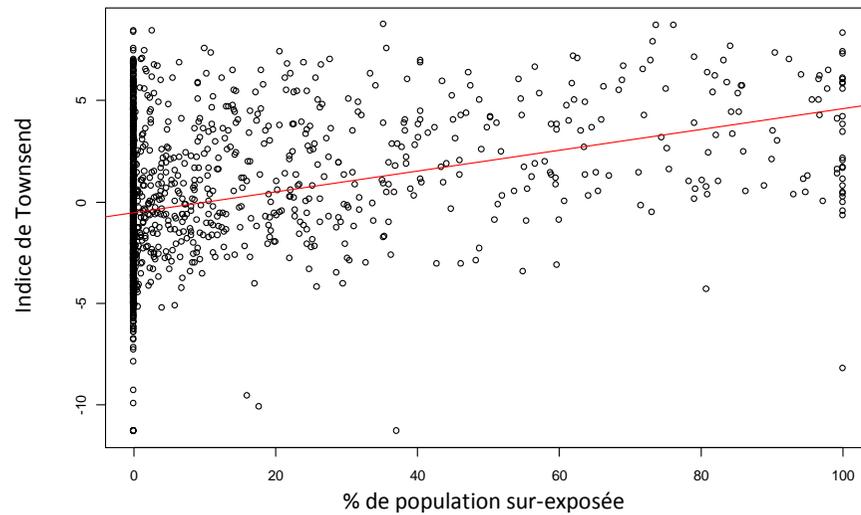


Figure 7 : Nuage de points entre l'indice de Townsend et les variables environnementales

4.2.2. Boîtes à moustaches de Tukey

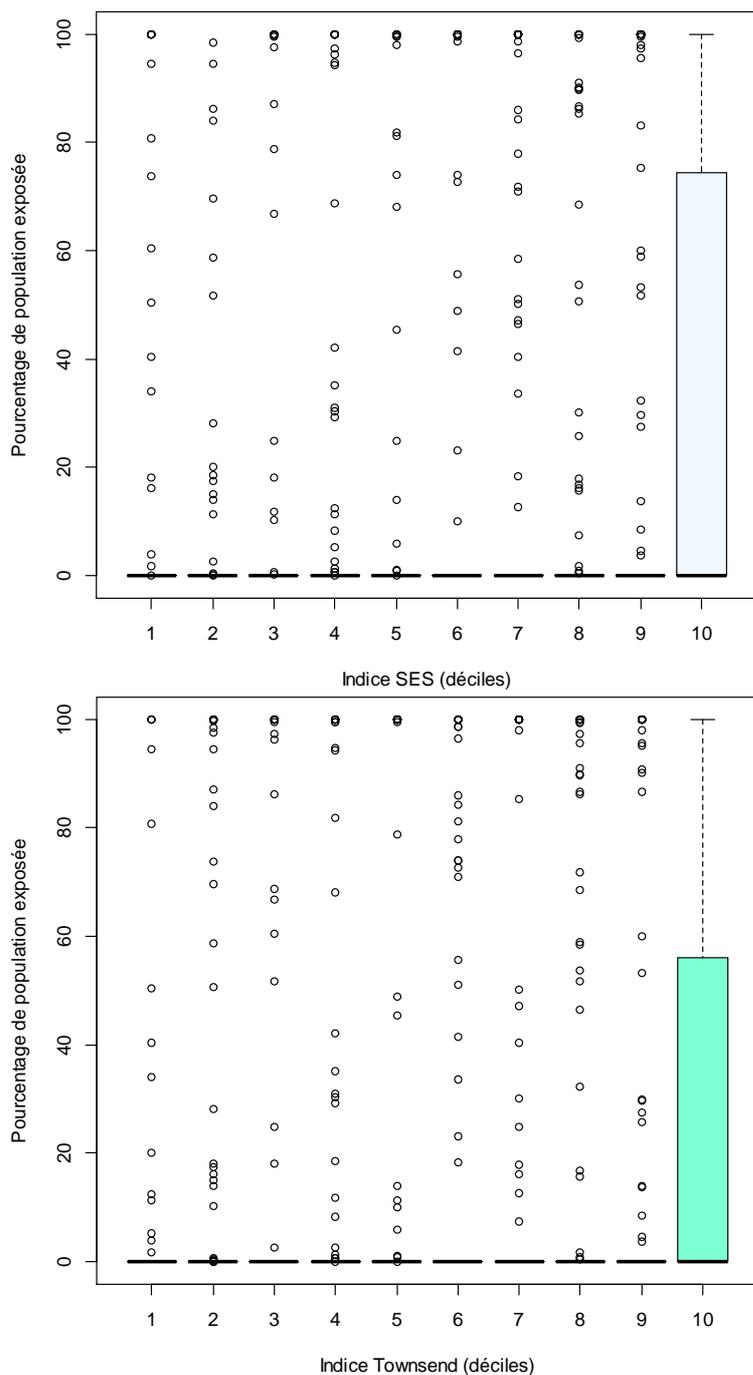
Une autre forme de représentation graphique de données statistiques intéressante pour croiser les indices de défaveur sociale avec chacune des variables étudiée, consiste à utiliser les « boîtes à moustaches de Tukey » (*boxplot*). Il s'agit de la représentation graphique retenue par l'ORS du Nord-Pas-de-Calais¹² pour croiser les concentrations moyennes annuelles de NO₂ avec l'indice de Townsend et chacune des quatre variables qui le compose. Pour cette forme de représentation, nous avons découpé les indices en déciles.

Les variables environnementales possèdent un grand nombre d'IRIS dans lesquels la part de population exposée à un dépassement de seuil est très faible. Par conséquent, en tentant de diviser la distribution de ces variables en classes, on constate que les valeurs du 1^{er} au 8^{ème} décile sont égales à 0. Elles ne sont donc pas facilement représentables en déciles, contrairement aux indices.

Les figures 8 à 10 présentent les résultats des croisements entre les 10 classes de l'indice SES (illustration en haut) ou l'indice de Townsend (illustration en bas) et les 3 variables étudiées :

- pourcentage de population par IRIS exposée à un niveau Lden supérieur à 55 dB(A) (valeur limite) pour le bruit des avions,
- pourcentage de population par IRIS multi-exposée au bruit à un niveau Lden « équivalent route » supérieur à 68 dB(A),
- pourcentage de population par IRIS exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40µg/m³.

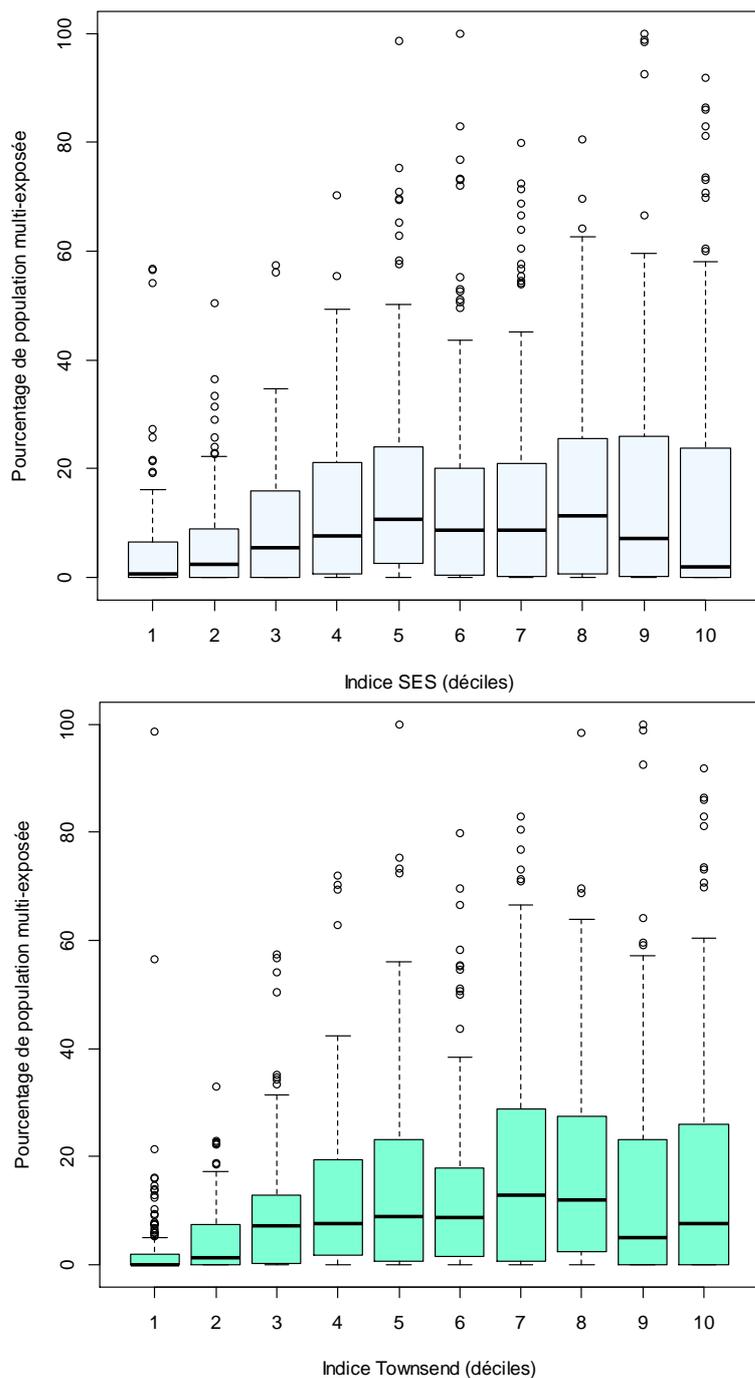
¹²DECLERCQ C., PROUVOST H., *Inégalités sociales d'exposition au NO₂ ambiant sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine*, ORS Nord - Pas-de-Calais, 2007, 31p.
Disponible sur : www.orsnordc.org/etudes/148793_107-5.pdf



La part de population exposée à un dépassement de la valeur seuil pour le bruit des aéronefs passe brutalement de valeurs très faibles à des valeurs importantes lorsqu'on atteint les IRIS les plus défavorisés (10^{ème} décile).

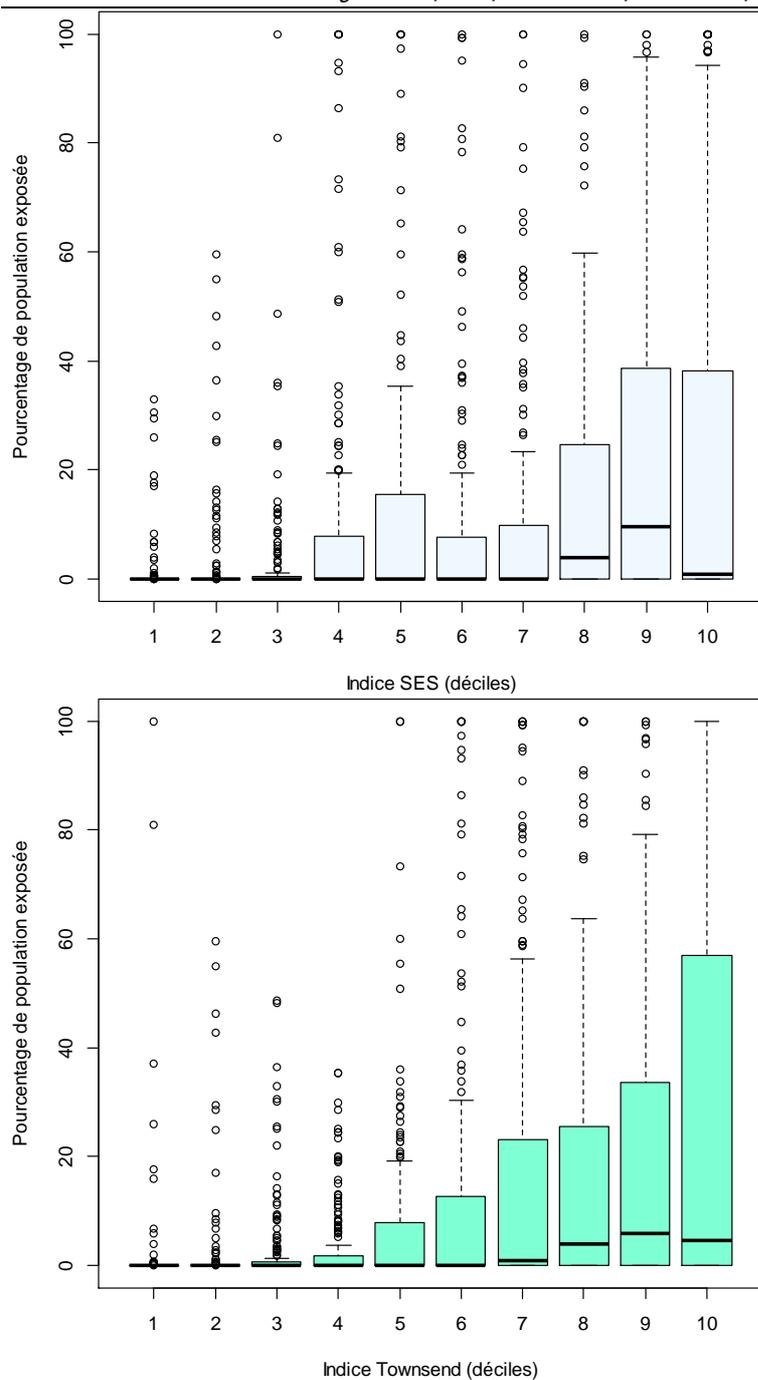
Les populations les plus défavorisées au sein des zones d'étude sont donc celles qui sont les plus exposées au bruit des aéronefs.

Figure 8 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population surexposée au bruit des aéronefs



On note une tendance à l'augmentation de la part de la population multi-exposée par IRIS, à mesure que le niveau de défaveur de l'IRIS s'accroît.

Figure 9 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population multi-exposée (équivalent Route)



L'augmentation de la part des populations exposées à un dépassement de la valeur seuil pour la pollution atmosphérique par IRIS en fonction des indices SES ou de Townsend est très marquée.

Dans les zones d'étude, plus le niveau de « défaveur » est élevé, plus la part de population exposée à un niveau de NO₂ supérieur à 40 µg/m³ par IRIS est importante. Ces conclusions seraient à nuancer pour une étude intégrant le cœur de l'agglomération parisienne (voir notamment les résultats de l'étude [equit'area](http://www.equitarea.org) : www.equitarea.org).

Figure 10 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population surexposée au NO₂

4.2.3. Analyse des corrélations

Il semble que les niveaux d'indice SES et de Townsend varient en fonction de l'exposition environnementale. En effet, les représentations bivariées *biplot* et *boxplot* laissent présager une relation non fortuite entre les couples de variables étudiés. L'analyse mise en œuvre dans ce chapitre permet de vérifier le caractère non fortuit des relations mises en évidence.

L'analyse des coefficients de corrélation, des coefficients de détermination et des statistiques p-values associées au test de significativité de la pente permettent d'apprécier la nature de la relation entre les variables environnementales étudiées et l'indice de défaveur sociale.

Indice SES

	Coefficient de corrélation de Pearson : R	Test de significativité de la pente : p-value	Coefficient de détermination : R ²
% de population exposée à un niveau supérieur à 55db(A) (valeur seuil) pour le bruit des aéronefs	0,18	6.129e-13	0,03278
% de population multi-exposée (équivalent Route)	0,18	6.297e-13	0,03274
% de population exposée à un niveau de NO2 supérieur à 40µg/m3 (valeur seuil)	0,28	2.2e-16	0,08094
No2 moyen annuel (µg/m3)	0,47	0,08094	0,2195

Tableau 2 : Coefficient de corrélation, test statistique de significativité, coefficient de détermination de l'indice SES

Indice de Townsend

	Coefficient de corrélation de Brauais-Pearson : R	Test de significativité de la pente : p-value	Coefficient de détermination : R ²
% de population exposée à un niveau supérieur à 55 dB(A) pour le bruit des aéronefs	0,14	1,36e-08	0,02053
% de population multi-exposée (équivalent Route)	0,24	2e-16	0,05584
% de population exposée à un niveau de NO2 supérieur à 40µg/m3	0,35	2e-16	0,12030

Tableau 3 : Coefficient de corrélation, test statistique de significativité, coefficient de détermination de l'indice de Townsend

Si les coefficients de corrélation linéaire de Brauais-Pearson et de détermination sont faibles, les valeurs de p-value sont quant à elles toutes inférieures à 5%, ce qui permet de rejeter l'hypothèse de non corrélation des variables.

Par conséquent, il existe une relation non imputable au hasard entre :

- la part de personnes surexposées au bruit et/ou à la pollution atmosphérique,
- et le niveau de défaveur sociale, au sens de l'indice SES ou de l'indice de Townsend.

4.3. Relation défaveur sociale / exposition aux pollutions environnementales

Les analyses statistiques réalisées 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'étude.

Deux tendances ont ainsi pu être mises en évidence comme l'illustrent les tableaux 4 et 5 et la figure 11 ci-après :

- ⇒ la part de population exposée croît avec le niveau de défaveur socio-économique décrit par l'indice de SES ou l'indice de Townsend,
- ⇒ les IRIS où il y a une part importante de personnes exposées sont les plus défavorisés¹³.

Indice SES - Déciles	Indice SES - Intervalles de déciles	Population n (%)	Bruit des aéronefs > 55 dB(A) n (%)	Multi-exposition (équivalent Route) Bruit routier > 68 dB(A) n (%)	NO ₂ > 40 µg/m ³ n (%)
1	[-9,38 ; - 4,21]	286406 (7,87%)	12957 (4,52%)	15379 (5,37%)	4843 (1,68%)
2	[-4,21 ; - 3,36]	349517 (9,60%)	14984 (4,29%)	23411 (6,70%)	10986 (3,12%)
3	[-3,36 ; - 2,55]	353713 (9,71%)	24731 (6,99%)	35326 (9,99%)	9347 (2,63%)
4	[-2,55 ; - 1,70]	383278 (10,53%)	30407 (7,93%)	50353 (13,14%)	44772 (11,51%)
5	[-1,70 ; - 0,83]	376144 (10,33%)	29582 (7,86%)	62888 (16,72%)	52539 (13,84%)
6	[-0,83 ; 0,26]	367254 (10,09%)	44828 (12,21%)	56109 (15,28%)	40393 (10,85%)
7	[0,26 ; 1,68]	400835 (11,01%)	60607 (15,12%)	55744 (13,91%)	43680 (10,92%)
8	[1,68 ; 3,59]	374635 (10,29%)	43833 (11,70%)	62463 (16,67%)	57120 (15,40%)
9	[3,59 ; 5,57]	365463 (10,04%)	55148 (15,09%)	58752 (16,08%)	80630 (22,27%)
10	[5,57 ; 9,37]	383898 (10,54%)	98278 (25,60%)	60530 (15,77%)	89944 (24,32%)
Total		3641143	415355 (11,41%)	480955 (13,21%)	434254 (11,93%)

Tableau 4 : Population par variable environnementale selon l'indice SES de l'IRIS de résidence

Indice Townsend - Déciles	Indice de Townsend - Intervalles de déciles	Population n (%)	Bruit des aéronefs > 55 dB(A) n (%)	Multi-exposition (équivalent Route) Bruit routier > 68 dB(A) n (%)	NO ₂ > 40 µg/m ³ n (%)
1	[-11,29 ; - 4,11]	226538 (6,22%)	6011 (2,65%)	6987 (3,08%)	1509 (0,65%)
2	[-4,11 ; - 3,01]	343903 (9,44%)	27197 (7,91%)	18111 (5,27%)	8649 (2,51%)
3	[-3,01 ; - 2,16]	366111 (10,05%)	26453 (7,23%)	36178 (9,88%)	11477 (3,13%)
4	[-2,16 ; - 1,24]	398285 (10,94%)	36020 (9,04%)	52363 (13,15%)	13756 (3,42%)
5	[-1,24 ; - 0,38]	380019 (10,44%)	40626 (10,69%)	55804 (14,68%)	32315 (8,35%)
6	[-0,38 ; 0,60]	396413 (10,89%)	45633 (11,51%)	48195 (12,16%)	52263 (13,05%)
7	[0,60 ; 1,66]	398268 (10,94%)	43317 (10,88%)	71390 (17,93%)	67090 (16,82%)
8	[1,66 ; 3,48]	380759 (10,46%)	48184 (12,65%)	69689 (18,30%)	62259 (16,87%)
9	[3,48 ; 5,21]	359315 (9,87%)	52003 (14,47%)	51861 (14,43%)	74820 (20,90%)
10	[5,21 ; 8,76]	391532 (10,75%)	89910 (22,96%)	70376 (17,97%)	110115 (28,98%)
Total		3641144	415355 (11,41%)	480955 (13,21%)	434253 (11,94%)

Tableau 5 : Population par variable environnementale selon l'indice de Townsend de l'IRIS de résidence

¹³ Exemple : sur l'ensemble des personnes exposées à un niveau supérieur à 55dB(A) pour le bruit des aéronefs, 26% habitent dans un IRIS considéré comme très « défavorisé » (classe 10) au sens de l'indice SES.

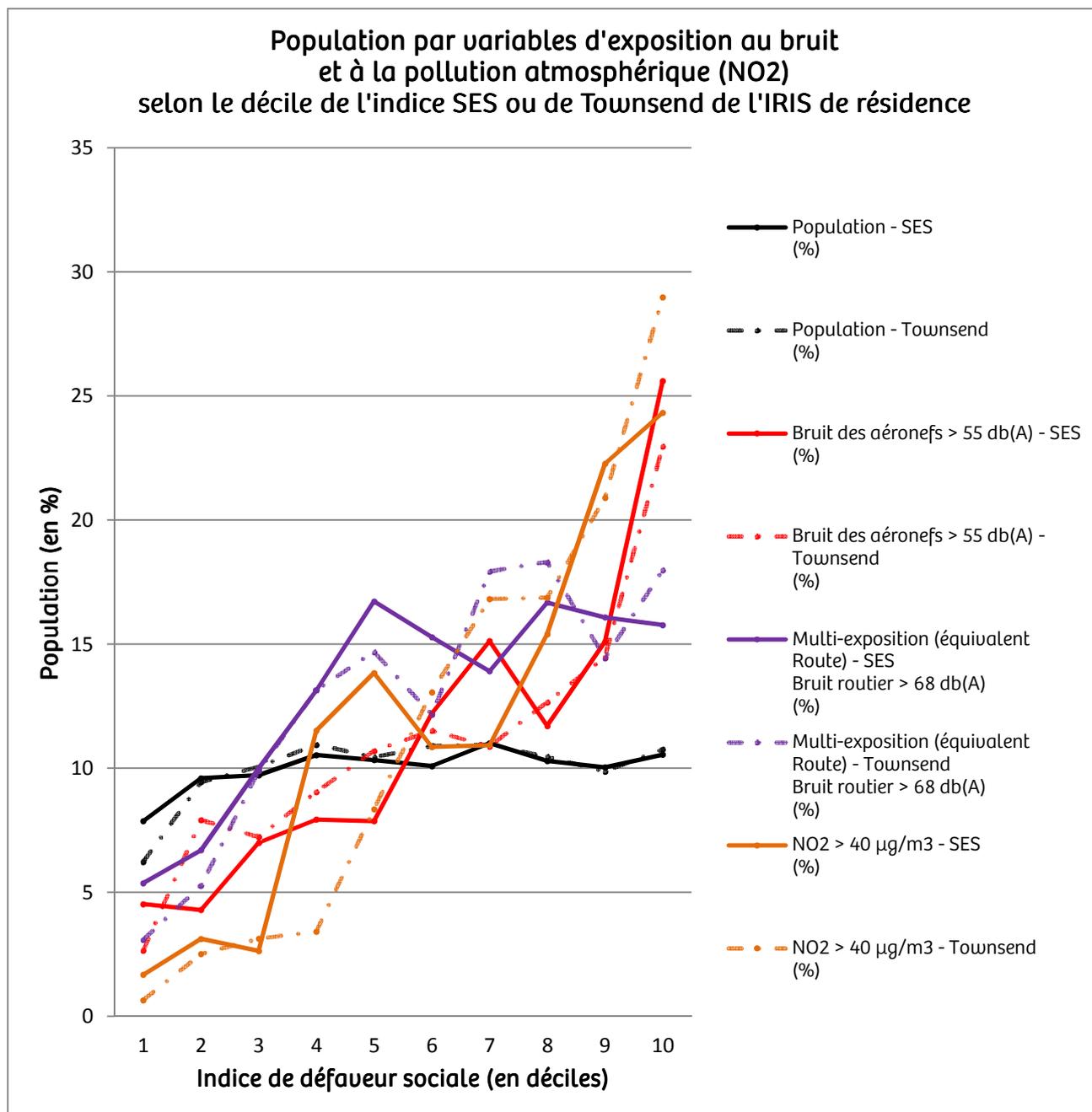


Figure 11 : Part de population exposée par variable environnementale selon l'indice de SES ou de Townsend de l'IRIS de résidence

Des augmentations très marquées de la part de population exposée aux pollutions environnementales en fonction de la défaveur sociale sont remarquées, tout particulièrement pour la pollution atmosphérique et le bruit du trafic aérien. L'augmentation est plus modérée mais néanmoins existante pour la multi-exposition sonore.

4.4. Représentations cartographiques des IRIS cumulant un niveau élevé de défaveur sociale et une forte exposition aux pollutions environnementales

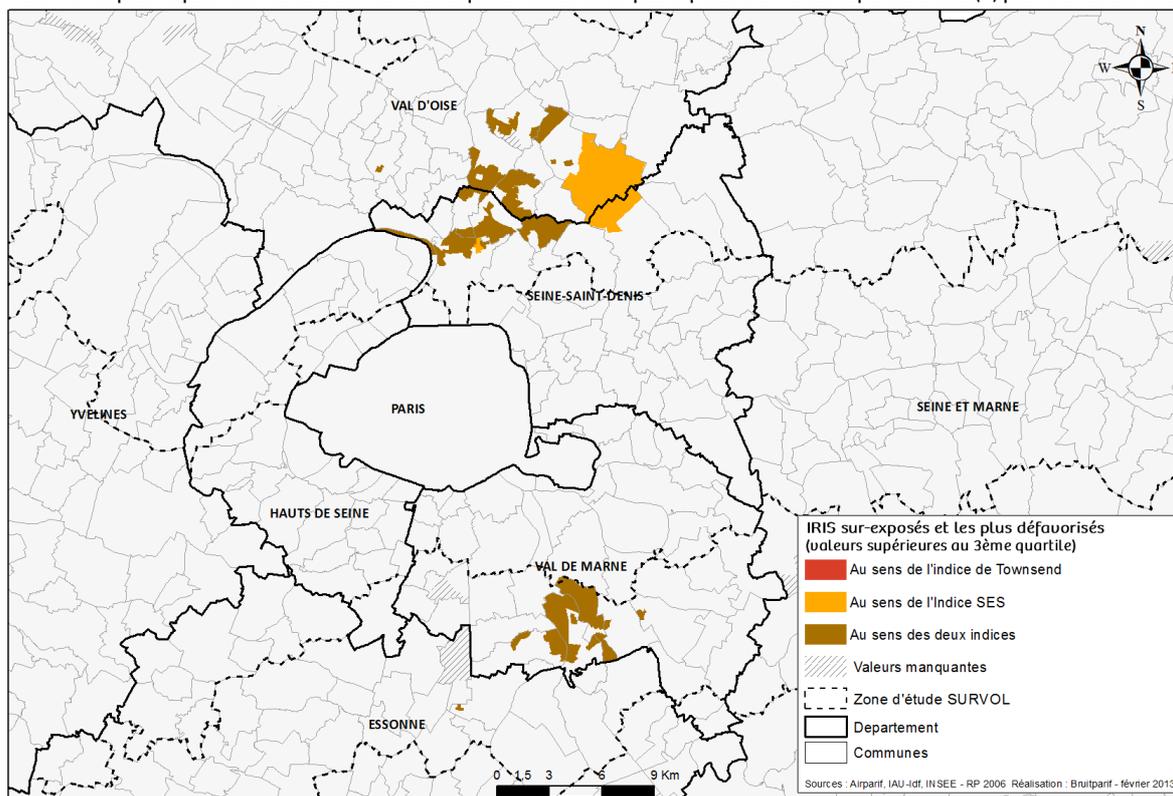
Afin de mettre en évidence les IRIS cumulant les inégalités sociales et environnementales, des cartes ont été produites permettant de mettre en évidence les IRIS présentant un niveau de défaveur socio-économique élevé (soit selon l'indice SES, soit selon l'indice de Townsend, soit selon ces deux indices) et une part importante de population surexposée aux pollutions environnementales. Pour chacune des variables, ont ainsi été sélectionnés les IRIS qui présentaient les valeurs appartenant aux 25% les plus élevées à la fois pour le niveau de défaveur sociale (indice SES et/ou indice de Townsend) et pour le niveau d'exposition aux nuisances sonores ou à la pollution atmosphérique.

Le fait d'utiliser l'indice de Townsend ou l'indice SES change peu les résultats. Seuls quelques IRIS se démarquent.

4.4.1. IRIS cumulant niveau élevé de défaveur sociale et forte exposition au bruit du trafic aérien

Défauvorisation et sur-exposition aux nuisances sonores par IRIS, en 2006

25 % des IRIS les plus "défauvorisés" au sens des indices de défaveur sociale et les plus exposés à un niveau supérieur à 55dB(A) pour le bruit des aéronefs



Carte 19 : Défauvorisation sociale et surexposition au bruit des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

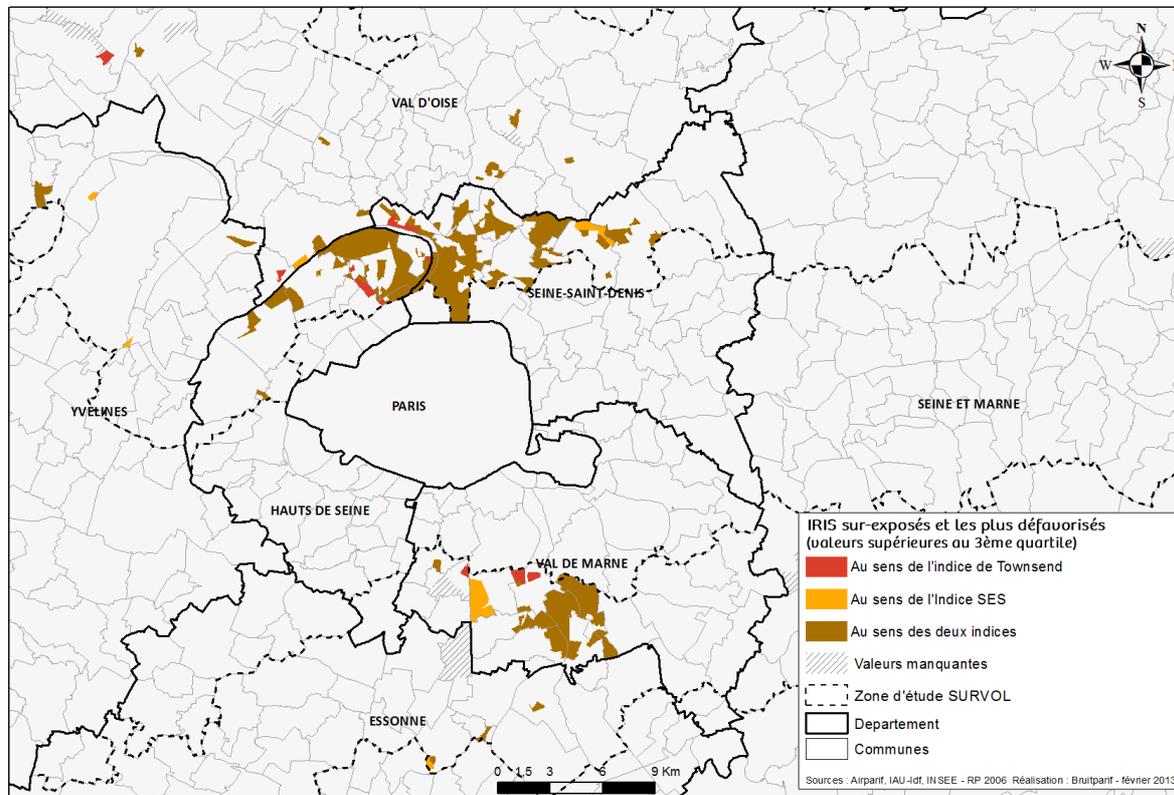
Les communes ayant des IRIS combinant forte défaveur sociale et surexposition importante aux nuisances sonores aéroporutaires sont :

- Dans le Val d'Oise : Gonesse, Villiers-le Bel, Sarcelles, Garges-lès-Gonesse, Soisy-sous-Montmorency.
- En Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, L'Île-Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Stains, Dugny, Aulnay-sous-Bois.
- Dans le Val-de-Marne : Villeneuve-Le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Valenton, Limeil-Brévannes, Boissy-Saint-Léger.
- En Essonne : Athis-Mons

4.4.2. IRIS cumulant niveau élevé de défaveur sociale et forte exposition au bruit des transports

Défauvorisation et sur-exposition aux nuisances sonores par IRIS, en 2006

25 % des IRIS les plus "défavorisés" au sens des indices de défaveur sociale et les plus multi-exposés au sens de l'indice de multi-exposition "Miedema"

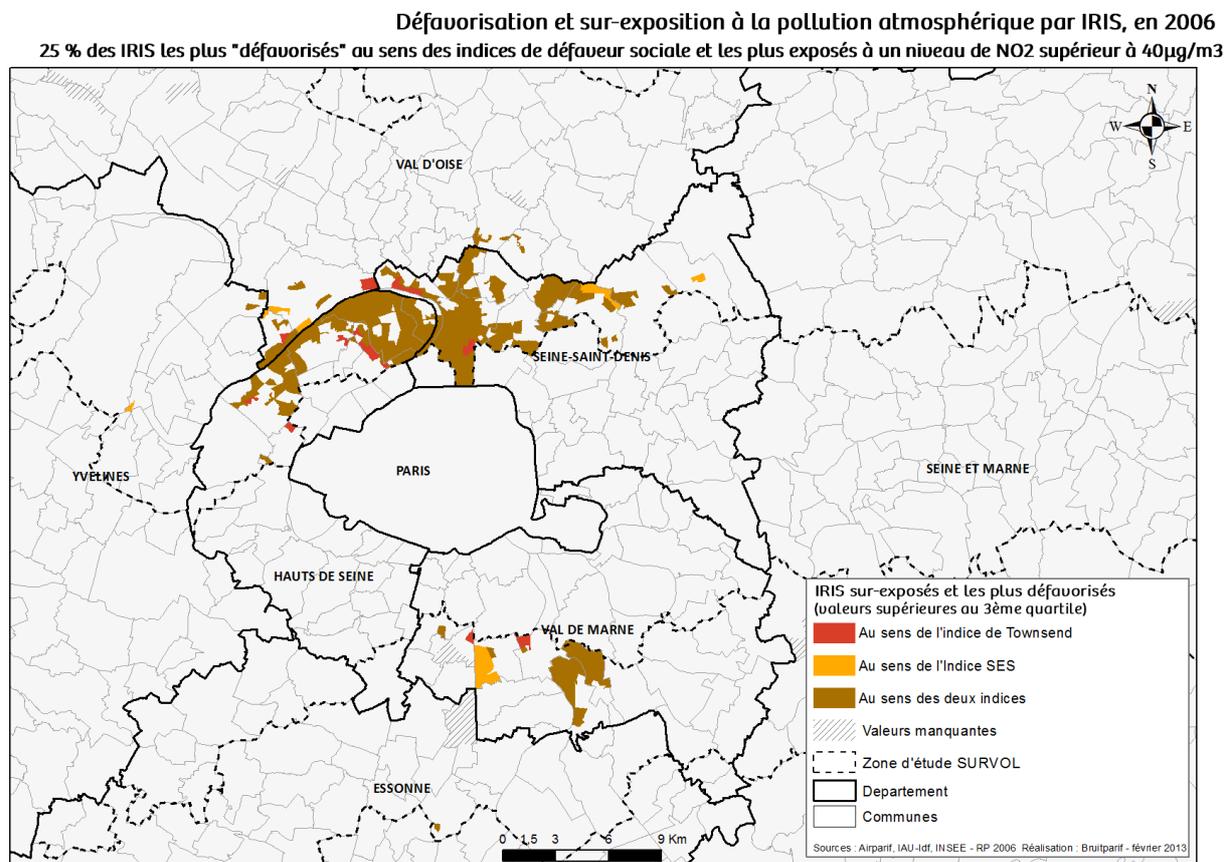


Carte 20 : Défauvorisation sociale et surexposition aux nuisances sonores (multi-exposition) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les communes ayant des IRIS combinant forte défaveur sociale et surexposition importante aux nuisances sonores des transports (toutes sources de bruit confondues) sont :

- En Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, L'Île-Saint-Denis, Epinay-sur-Seine, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse, Stains, La Courneuve, Dugny, Le Bourget, Le Blanc-Mesnil et Aulnay-sous-Bois.
- Dans le Val d'Oise : Gonesse, Villiers-le Bel, Sarcelles, Ermont, Saint-Ouen-L'aumône, Argenteuil, Cergy, Bezons.
- Dans les Yvelines : Chanteloup-les-Vignes, Sartrouville, Achères, Le Pecq.
- Dans les Hauts-de-Seine : Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Villeneuve-la-Garenne, Nanterre, Colombes, Bois-Colombes, Suresnes.
- Dans le Val-de-Marne : Choisy-le-Roi, Orly, Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Valenton, L'Hay-les-Roses, Chevilly-Larue, Thiais.
- En Essonne : Vigneux-sur-Seine, Juvisy-sur-Orge, Savigny-sur-Orge.
- En Seine-et-Marne : Roissy-en-Brie.

4.4.3. IRIS cumulant niveau élevé de défaveur sociale et forte exposition à la pollution atmosphérique



Carte 21 : Défauvorisation sociale et surexposition à la pollution atmosphérique (NO₂) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

Les communes ayant des IRIS combinant forte défaveur sociale et surexposition importante à la pollution atmosphérique (NO₂) sont :

- En Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, L'Île-Saint-Denis, Epinay-sur-Seine, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse, Stains, La Courneuve, Dugny, Le Bourget, Le Blanc-Mesnil et Aulnay-sous-Bois, Villepinte (indice SES).
- Dans le Val d'Oise : Garges-lès-Gonesse, Sarcelles, Argenteuil, Bezons.
- Dans les Yvelines : Sartrouville, Le Pecq (indice SES).
- Dans les Hauts-de-Seine : Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Villeneuve-la-Garenne, Nanterre, Colombes, Bois-Colombes, Suresnes.
- Dans le Val-de-Marne : Valenton, Villeneuve-Saint-Georges, Choisy-le-Roi, Thiais, L'Hay-les-Roses, Chevilly-Larue (indice de Townsend).
- En Essonne : Sauvigny-sur-Orge.

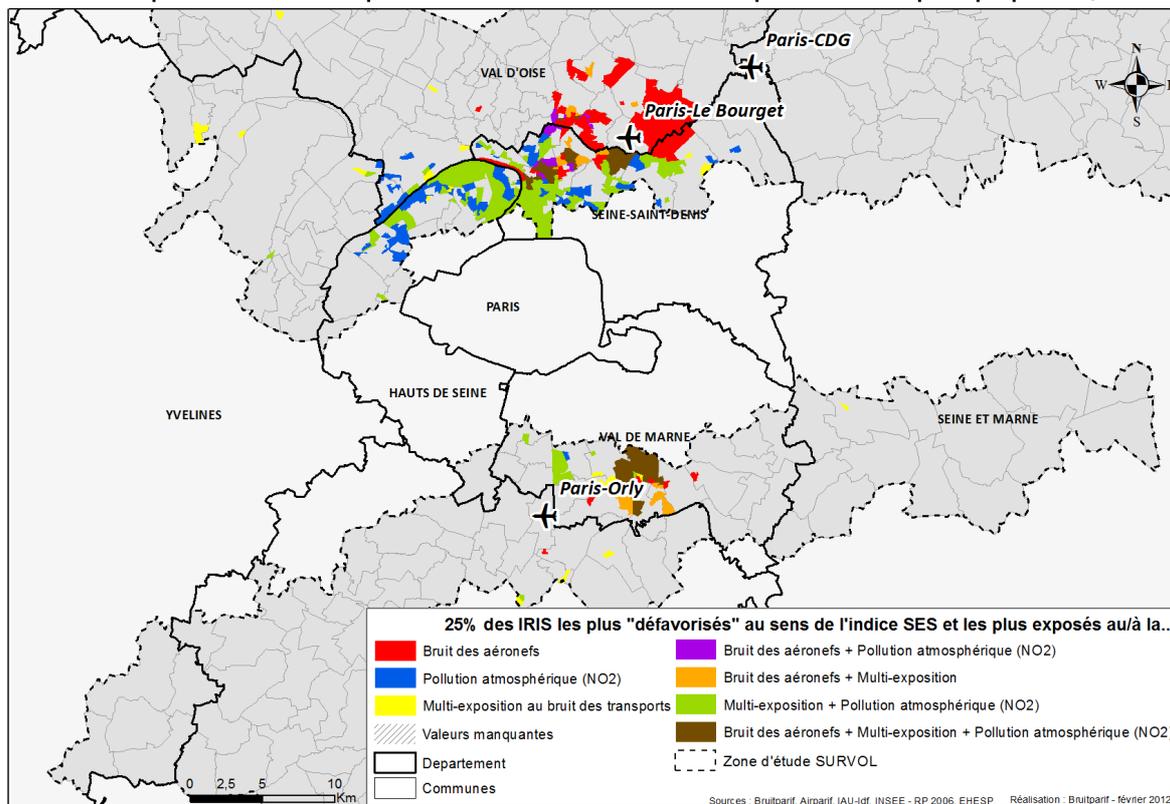
4.4.4. IRIS cumulant niveau élevé de défaveur sociale et forte exposition aux pollutions

Les cartes suivantes (22 à 27) précisent, par IRIS, la typologie des croisements entre la défaveur sociale au sens de l'indice SES ou de l'indice de Townsend :

- surexposition au bruit du trafic aérien
- surexposition au bruit des transports (multi-exposition),
- pollution atmosphérique (NO₂).

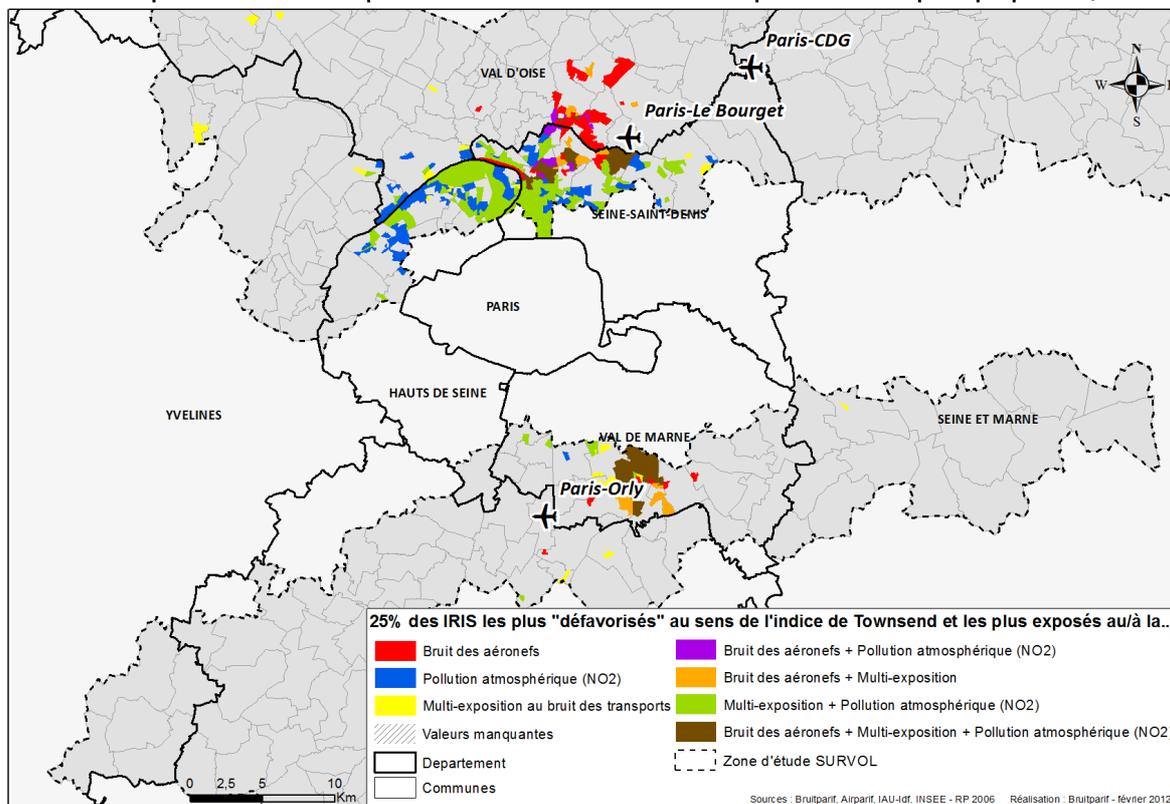
Cartes globales

Défavorisation et sur-exposition aux nuisances sonores et à la pollution atmosphérique par IRIS, en 2006



Carte 22 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

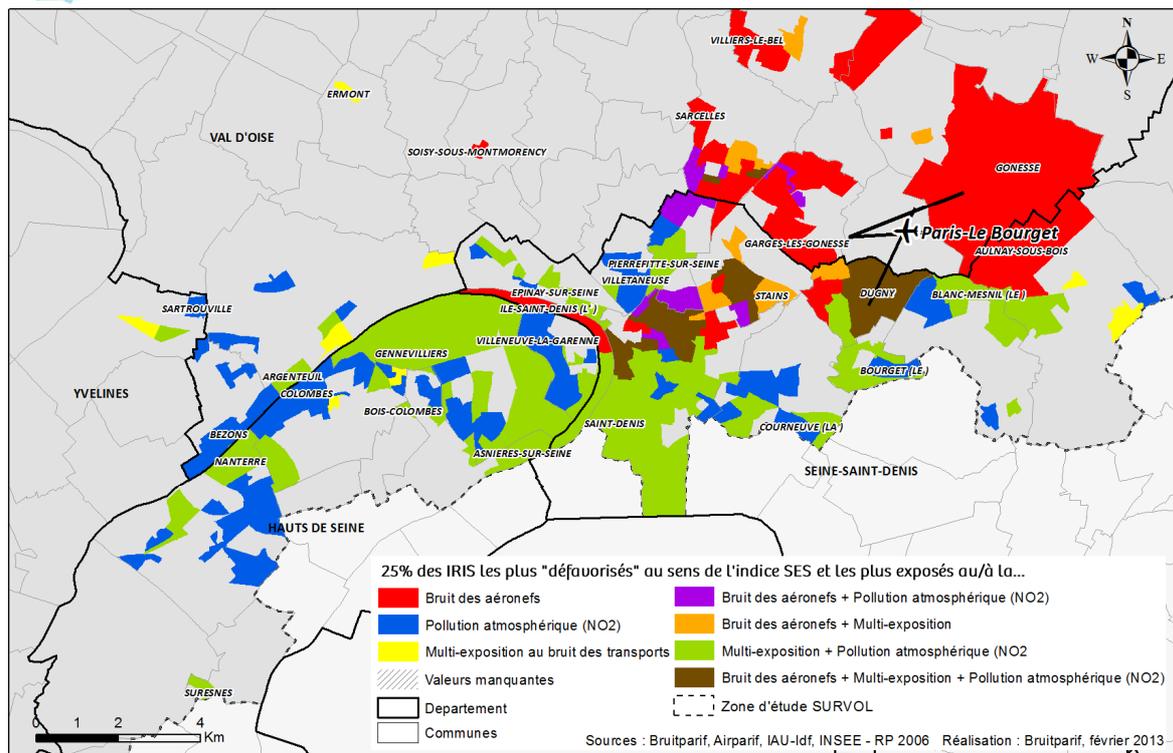
Défavorisation et sur-exposition aux nuisances sonores et à la pollution atmosphérique par IRIS, en 2006



Carte 23 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales au sein des zones d'étude SURVOL (2006)

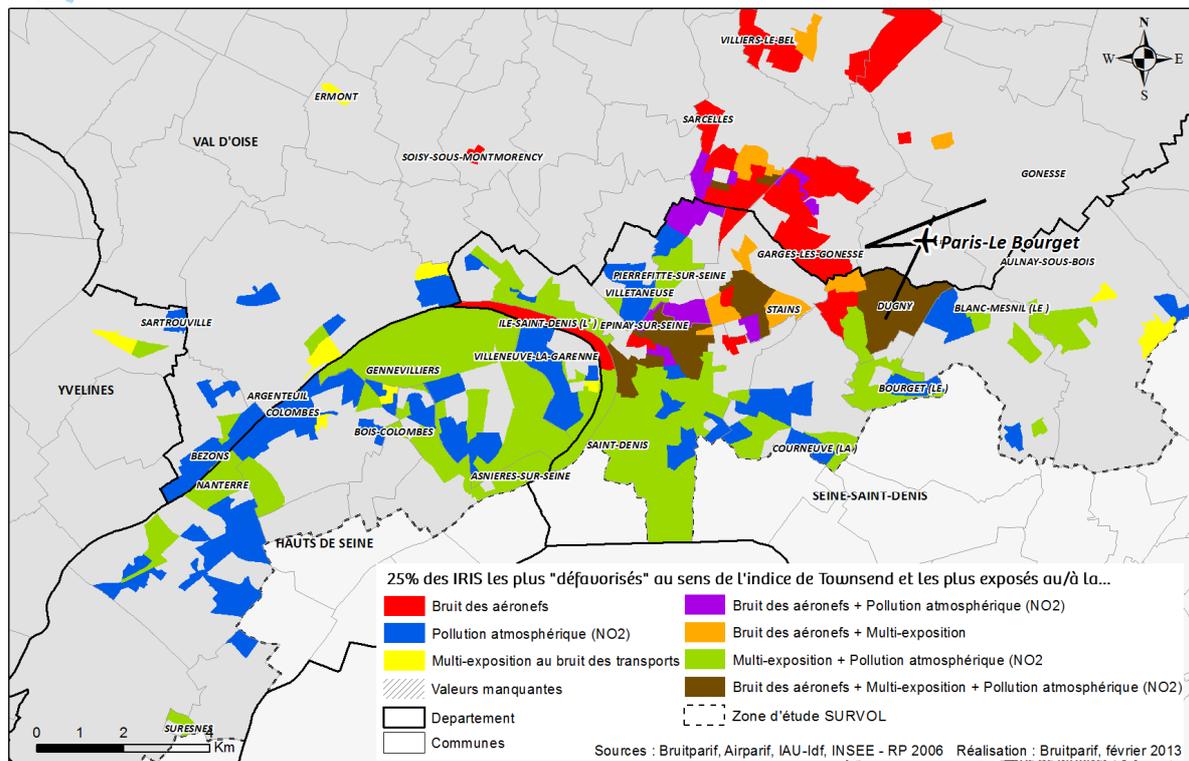
Zoom sur la zone d'étude Nord :

Bruitparif Défavorisation et sur-exposition aux nuisances sonores et à la pollution atmosphérique par IRIS, en 2006



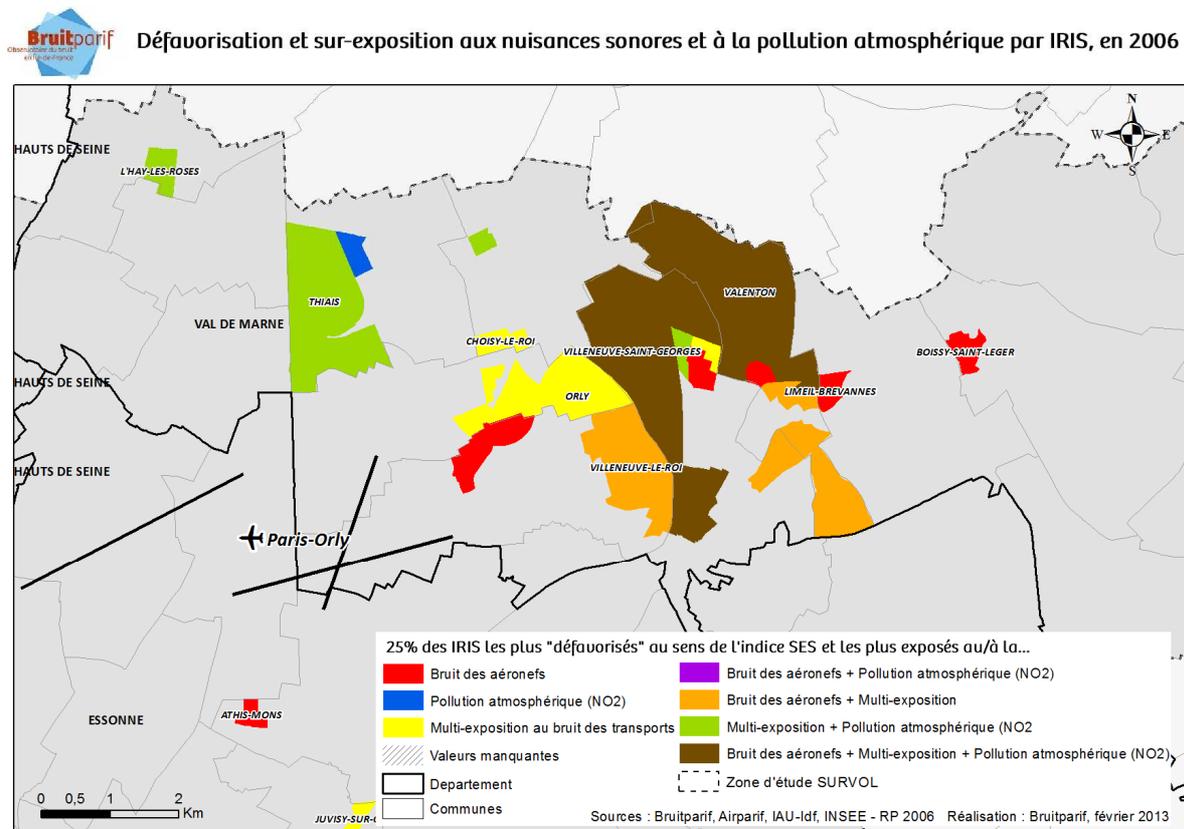
Carte 24 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales – zone Nord (2006)

Bruitparif Défavorisation et sur-exposition aux nuisances sonores et à la pollution atmosphérique par IRIS, en 2006

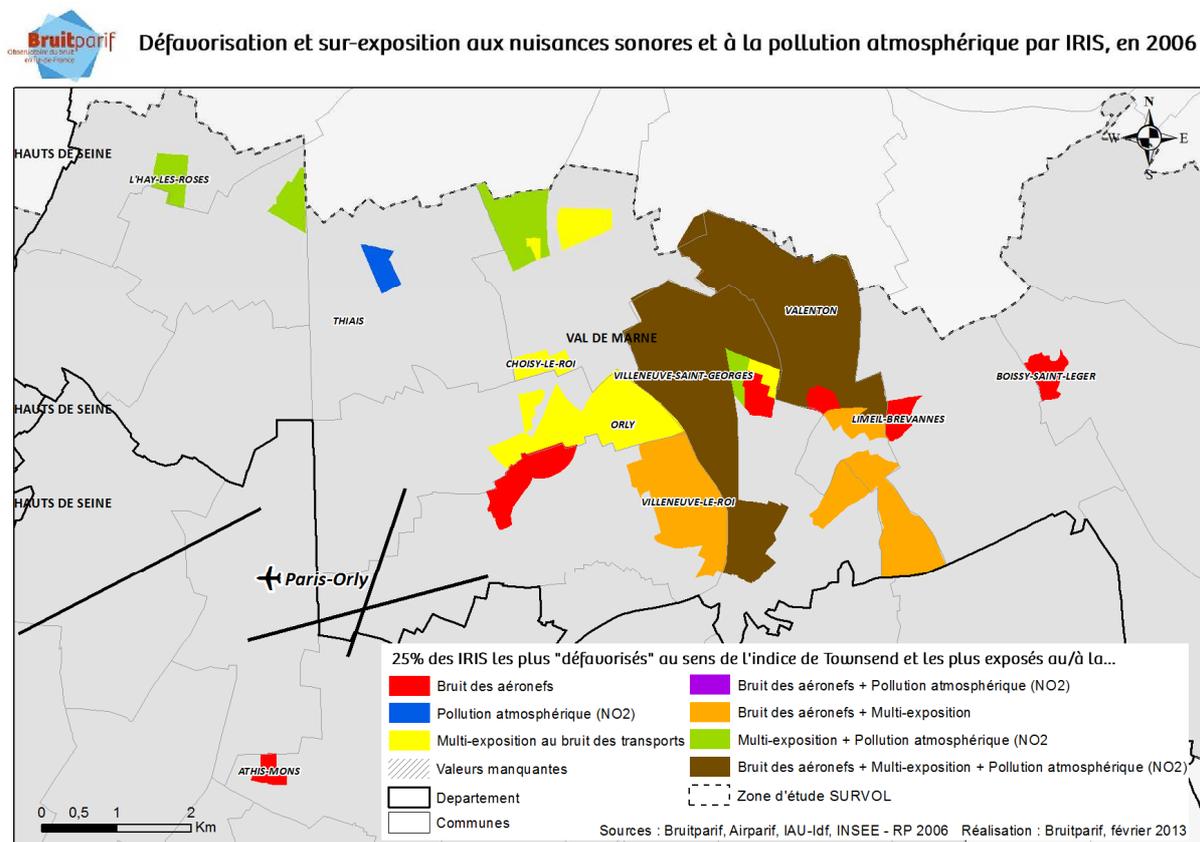


Carte 25 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales – zone Nord (2006)

Zoom sur la zone d'étude Sud :



Carte 26 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales – zone Sud (2006)



Carte 27 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales – zone Sud (2006)

Ces cartes mettent en évidence un certain nombre de cas de figure.

Tout d'abord, pour les IRIS les plus défavorisés socialement et les plus concernés par les expositions aux pollutions environnementales, on constate que les pollutions se cumulent : une grande majorité des IRIS colorés sur la carte ci-dessus cumulent ainsi au moins deux expositions environnementales fortement dégradées.

Ainsi, parmi les IRIS les plus défavorisés au sein des zones d'étude, beaucoup cumulent forte exposition aux bruits des transports (multi-exposition) et à la pollution atmosphérique et sont donc en situation de surexposition critique air/bruit. Il s'agit des zones en vert sur la carte ci-dessus. Ces IRIS sont situés principalement dans la zone d'étude Nord dans le cœur dense de l'agglomération parisienne et cumulent forte défaveur sociale et forte surexposition au bruit et à la pollution atmosphérique du fait de la densité de population et d'infrastructures de transports, notamment d'un très fort trafic routier : ces IRIS sont principalement localisés en Seine-Saint-Denis (Saint-Denis, L'Ile-Saint-Denis, Epinay-sur-Seine, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse, Stains, La Courneuve, Dugny, Le Bourget, Le Blanc-Mesnil, Aulnay-sous-Bois et Villepinte) et dans la boucle Nord des Hauts-de-Seine (Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Villeneuve-la-Garenne, Nanterre, Colombes, Bois-Colombes, Suresnes...).

Les situations les plus critiques au sein des zones d'étude sont rencontrées dans les IRIS défavorisés qui sont proches des aéroports et encore situés dans les zones denses de l'agglomération parisienne (notamment autour de Paris-Orly et de Paris-Le Bourget). Ces IRIS fortement défavorisés d'un point de vue socio-économique cumulent ainsi surexposition au bruit du trafic aérien, surexposition au bruit des autres sources de transports (bruit routier et/ou bruit ferré) et surexposition à la pollution atmosphérique : c'est le cas de certains IRIS des communes de Villeneuve-Saint-Georges et de Valenton dans le Val de Marne (proximité avec l'aéroport de Paris-Orly) et des communes de Dugny, Stains et Saint-Denis en Seine-Saint-Denis (proximité notamment de l'aéroport de Paris-Le Bourget). Il s'agit des IRIS en marron sur la carte ci-dessus.

Certains IRIS fortement défavorisés cumulent surexposition au bruit du trafic aérien et surexposition à la pollution atmosphérique sans qu'ils fassent partie des situations les 25 % les plus critiques pour la multi-exposition sonore. Ces IRIS apparaissent ainsi comme majoritairement impactés par le trafic aérien. Il s'agit des IRIS en violet sur la carte ci-dessus qui comptent des portions de territoires des communes de Pierrefitte-sur-Seine, Saint-Denis, Stains, Sarcelles et de Garges-lès-Gonesse au sein de la zone d'étude Nord.

Des IRIS au sein de la zone d'étude Nord situés dans le Val d'Oise cumulent forte défaveur sociale et forte surexposition au bruit du trafic aérien mais avec moins d'exposition à la pollution atmosphérique que dans le cas précédent du fait de l'éloignement par rapport au cœur dense de l'agglomération parisienne : c'est le cas de certains secteurs des communes de Garges-lès-Gonesse, Sarcelles, Gonesse et Villiers-le-Bel (impactés essentiellement par le bruit du trafic aérien de Paris-CDG). Il s'agit des IRIS en rouge sur la carte ci-dessus.

Certains IRIS (en orange sur les cartes ci-dessus) sont caractérisés par une situation très fortement dégradée concernant les caractéristiques socio-économiques et l'exposition au bruit du trafic aérien voire des autres sources de bruit sans qu'ils soient dans les 25 % les plus impactés pour la pollution atmosphérique. Il s'agit par exemple des communes de Villeneuve-le-Roi, de certains IRIS de Villeneuve-Saint-Georges et du Sud de Valenton dans le Val-de-Marne.

Certains IRIS situés dans la zone dense de l’agglomération parisienne cumulent par ailleurs forte défaveur sociale et forte surexposition à la pollution atmosphérique sans qu’ils soient parmi les plus impactés par le bruit (IRIS en bleu localisés dans les Hauts de Seine et en Seine-Saint-Denis).

Il existe enfin de manière plus dispersée au sein des zones d’études des IRIS colorés en jaune qui cumulent fortes défaveur sociale et surexposition aux bruits des transports terrestres.

Conclusion

L'objectif principal de cette étude était de répondre à la question suivante : ***Existe-t-il des inégalités sociales d'exposition au bruit et à la pollution atmosphérique au sein des zones d'études retenues dans le projet SURVOL ?***

Au terme d'une revue bibliographique des différents indices permettant de traduire le contexte socio-économique ou la défaveur sociale et matérielle, nous avons décidé de retenir deux indices appartenant à des approches différentes (méthode additive ou méthode multidimensionnelle) pour caractériser la défaveur sociale au sein des zones d'étude. L'indice de Townsend qui repose sur une méthode additive présente en effet l'avantage d'avoir été largement utilisé au niveau international et d'être simple à calculer. L'indice SES construit par l'EHESP sur la base d'une méthode multidimensionnelle présente quant à lui l'avantage d'avoir déjà été testé sur d'autres territoires franciliens et de reposer sur un plus grand choix de variables que l'indice de Townsend. Malgré des approches différentes, les deux indices se sont avérés fournir au sein des zones d'étude des résultats très corrélés.

Les travaux se sont ensuite portés sur la caractérisation de l'exposition des populations au bruit et à la pollution atmosphérique. Pour cela, des indicateurs d'exposition à l'échelle de l'IRIS ont été développés sur la base de la part de population de chaque IRIS exposée à un dépassement des valeurs limites réglementaires pour chacune des sources de bruit lié aux transports terrestres (bruit routier, bruit ferré et bruit aérien), pour un indicateur de multi-exposition sonore en cours de validation au niveau national (indicateur de multi-exposition dit « Miedema »), et pour les concentrations en dioxyde d'azote NO₂, indicateur de pollution atmosphérique urbaine retenu dans le cadre de la présente étude.

L'étude s'est ensuite poursuivie par le croisement des données d'exposition environnementale et des données de défaveur sociale des populations. Les analyses statistiques ainsi réalisées 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. Ainsi, les IRIS les plus défavorisés concentrent une part plus importante de personnes exposées au bruit du trafic aérien ou des transports terrestres et/ou à la pollution atmosphérique.

L'étude fine de la localisation des IRIS les plus critiques (ceux qui font partie des 25 % les plus défavorisés d'un point de vue socio-économique et des 25 % les plus exposés au bruit et/ou à la pollution atmosphérique) a permis de mettre en évidence plusieurs cas de figure, parmi lesquels :

- Des IRIS au sein de la zone d'étude Nord qui sont situés dans le cœur dense de l'agglomération parisienne et qui vont cumuler forte défaveur sociale et forte surexposition au bruit et à la pollution atmosphérique du fait de la densité de population et d'infrastructures de transports, notamment d'un très fort trafic routier : ces IRIS sont principalement localisés en Seine-Saint-Denis et dans la boucle Nord des Hauts-de-Seine.
- Des IRIS proches des aéroports et encore situés dans les zones denses de l'agglomération parisienne (notamment autour de Paris-Orly et de Paris-Le Bourget) qui cumulent forte défaveur sociale, forte surexposition au bruit du trafic aérien, voire aux autres sources de transport (bruit routier et/ou bruit ferré) et forte surexposition à la pollution atmosphérique : c'est le cas de certains IRIS des communes de Villeneuve-Saint-Georges et de Valenton dans le Val de Marne et des communes de Dugny, Stains et Saint-Denis en Seine-Saint-Denis.

- Des IRIS au sein de la zone d'étude Nord qui sont situés dans le Val d'Oise et qui cumulent forte défaveur sociale et forte surexposition au bruit du trafic aérien mais avec moins d'exposition à la pollution atmosphérique que dans le cas précédent du fait de l'éloignement par rapport au cœur dense de l'agglomération parisienne : c'est le cas de certains secteurs des communes de Garges-lès-Gonesse, Sarcelles, Gonesse et Villiers-le-Bel.
- Certains IRIS au sein de la zone d'étude Sud sont caractérisés par une situation très fortement dégradée concernant les caractéristiques socio-économiques et l'exposition au bruit du trafic aérien voire des autres sources de bruit sans qu'ils soient dans le quartile supérieur pour la pollution atmosphérique. Il s'agit par exemple des communes de Villeneuve-le-Roi, de certains IRIS de Villeneuve-Saint-Georges et du Sud de Valenton dans le Val-de-Marne.
- Certains IRIS situés dans la zone dense de l'agglomération parisienne cumulent par ailleurs forte défaveur sociale et forte surexposition à la pollution atmosphérique sans qu'ils soient parmi les plus impactés par le bruit.

Il semble donc exister une diversité de situations au sein des zones d'étude conjuguant inégalités sociales et inégalités environnementales.

Il convient de noter que dans la grande majorité des cas, les IRIS qui présentent de fortes inégalités sociales d'exposition environnementale sont concernés par des situations de surexposition au bruit et à la pollution atmosphérique.

En révélant les secteurs au sein des zones d'études présentant un cumul de fortes inégalités sociales et environnementales, l'étude 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.

Cette étude présente cependant quelques limites qu'il convient de rappeler :

- tout d'abord, l'étude a été réalisée sur la base de données datant de 2006, seule année pour laquelle on disposait de l'ensemble des données nécessaires ;
- ensuite, l'étude a été réalisée à l'échelle de l'IRIS, car on ne dispose pas de données socio-économiques plus fines, ce qui limite l'étude des corrélations entre indices de défaveur sociale et expositions environnementales dans la mesure où les données d'exposition sont disponibles à des résolutions plus fines. Il serait intéressant que l'étude soit complétée par des enquêtes auprès des habitants des zones d'étude pour disposer d'informations socio-économiques plus fines et pour pouvoir les croiser ainsi plus directement aux informations dont on dispose pour les pollutions environnementales ;
- par ailleurs, l'exposition des populations au bruit est estimée en retenant le niveau sonore maximal calculé à deux mètres en avant des façades du bâtiment, ce qui engendre une surestimation de l'exposition, les résidents n'étant pas exposés de la même manière s'ils résident au rez-de-chaussée ou au dernier étage ou sur des façades différentes du bâtiment (façade sur cour ou sur rue) ;

- concernant l’exposition à la pollution atmosphérique, le niveau de NO₂ utilisé pour le calcul de l’exposition des habitants est assimilé à celui calculé dans la maille de 50 m englobant les bâtiments concernés, sans prendre en compte la variabilité des concentrations au sein d’une maille (situation plus ou moins proche d’un axe de circulation notamment) ;
- enfin, les données d’exposition utilisées pour le bruit comme pour la qualité de l’air ne concernent que les niveaux d’exposition environnementale à l’extérieur des habitations. Il n’a pas été tenu compte dans cette étude des expositions individuelles au bruit et à la qualité de l’air au domicile, dans les lieux de transport ou au travail.

Il convient enfin de rappeler que le projet SURVOL a une vocation de surveillance sur le long terme.

C’est dans cet état d’esprit que les travaux réalisés au sein de la présente étude ont donné lieu à la construction d’un véritable Système d’Information Géographique (SIG Survol) accessible au sein du site internet de Bruitparif à l’adresse suivante : http://carto.bruitparif.fr/carte_survol/flash/

Un tel système pourra être 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 récentes (mise à jour des données par l’intermédiaire du projet de cartographie régionale porté par Bruitparif) et si possible de celles qui devraient être produites par Bruitparif dans le cadre de la poursuite du volet 1 et qui permettront de tenir compte, en sus des indicateurs énergétiques classiques, d’indicateurs événementiels pour le bruit du trafic aérien ;
- l’intégration des résultats des cartographies de pollution atmosphérique plus récentes et, si possible, de celles qui seront délivrées 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 sur l’identification des points noirs environnementaux) ou au niveau national et qui permettront de mieux appréhender d’une part les questions de multi-expositions à plusieurs sources de bruit (validation d’un indice de multi-exposition), d’autre part les questions de co-exposition air/bruit.

La mise à jour du SIG SURVOL représentera un travail conséquent qui 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.

Acronymes

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADP : Aéroports de Paris

ARS : Agence Régionale de Santé

CES : Courbes d'Environnement Sonore

CETE : Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement

CIRE : Cellule de l'Institut de veille sanitaire en région

CSB : Cartographies Stratégiques du Bruit

DDT : Direction Départementale des Territoires

DRASS : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

DRIEA : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France

EHESP : Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique

ENTPE : Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

IAU-îdF : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

InVS : Institut national de Veille Sanitaire

IRIS : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

LRPC : Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées

MOS : Mode d'Occupation du Sol

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEB : Plan d'Exposition au Bruit

PGS : Plan de Gêne Sonore

PPBE : Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement

RFF : Réseau Ferré de France

SES : Socioeconomic status

SURVOL : SURveillance sanitaire et enVironnementale des plateformes aéroportuaires de rOissy, orLy, le bourget

dB(A) : décibel pondéré A

LAeq(T) : niveau de pression sonore équivalent pondéré A

Lden : Level day-evening-night

Ln : Level night

Bibliographie

Publications de Bruitparif

- Bruitparif, Surveillance sanitaire et environnementale des plateformes aéroportuaires de Roissy, Orly, Le Bourget, Rapport d'étape Etude SURVOL - Volet bruit, 2011.
- Bruitparif, Volet 1 du projet SURVOL : renforcement de la surveillance des expositions au bruit autour des grandes plateformes aéroportuaires franciliennes, Janvier 2013.

Bruit & santé

- AFSSE (Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale), Impacts sanitaires du bruit, Etats des lieux - Indicateurs bruit-santé, 2004, 304p.
- BOURGOIS D., Elaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain – L'exemple du Grand Lyon, Mémoire : EHESP, 2009, 67p.
- CAMARD J-P., LEFRANC A., GREMY I., CORDEAU E., Le bruit et ses effets sur la santé, estimation de l'exposition des Franciliens, 2005, 8p.
- FALIU J., Les effets du bruit d'une activité aéroportuaire sur la santé des populations riveraines : éléments d'analyse du volet sanitaire des études d'impact, Mémoire : ENSP, 2002, 82p.
- GRANGE D., CHATIGNOUX E., GRÉMY I. (Dr), Les perceptions du bruit en Ile-de-France, Exploitation régionale du Baromètre Santé-Environnement 2007, 2009, 158p.
- LAINEY E., NEROME S., ENJALBERT J-P, BOUEE S., DESCHASEAUX-VOINET C., INSOMNIA, Impact des Nuisances Sonores (Maladies et INSomnie) à proximité des Aéroports, Résultats, CEMKA-EVAL 2004, 9p.
- LAMBERLIN M., Contribution à l'élaboration d'indicateurs sanitaires liés au bruit des transports, et à la réflexion sur la mise en place de systèmes de surveillance, Mémoire : EHESP, 2009, 91p.
- MARTIN-HOUSSARD G., RIZK C., Mesurer la qualité de vie dans les grandes agglomérations, INSEE première n°868, 10/2002
- STIF, Le bruit des transports en Ile-de-France, Mobilité et transport en Île-de-France – État des lieux, 7p.

Santé, facteurs socio-économiques & espaces

- LASBEUR L. *et al.*, Analyser les inégalités socio-économiques de santé à partir des données du recensement. L'exemple de la grande prématurité à Paris-Petite couronne, 2006/4 - Vol. 61, pages 567 à 584
- PONCET F., Déterminants de la participation au dépistage organisé du cancer colorectal dans le département de l'Isère, Registre du cancer de l'Isère, 11p. Présentation - Congrès des ORS –Lyon –9/11/2010
- PORNET C., Facteurs socioéconomiques de participation au dépistage organisé du cancer colorectal. Analyse multiniiveaux, Laboratoire ERI 3 Inserm « Cancers et Populations », CHU de Caen, 2009, 22p. Présentation - CPHA - Inégalités et injustices en santé - Winnipeg - 08/06/2009

Pollutions environnementales & Variables socioéconomiques

- CHARLES L., LE NIR G., KAUFMANN A., Approche psycho-sociologique de la quantification de la pollution de proximité au trafic et de ses implications dans l'agglomération parisienne, 2011, 174p.
- DECLERCQ C., PROUVOST H., Inégalités sociales d'exposition au NO₂ ambiant sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine, ORS Nord - Pas-de-Calais, 2007, 31p.

Indice de défaveur sociale

- TOWNSEND P., Deprivation, Journal of Social Policy, 1987; 16: 125146.
- CARSTAIRS V., Deprivation indices: their interpretation and use in relation to health, J Epidemiol Community Health. 1995 December, 49(Suppl 2): S3-S8
- CARSTAIRS V., MORRIS R., Deprivation and health, BMJ. 1989 December 9; 299(6713): 1462
- GUILLEMETTE A., LECLERCS B-S., Les inégalités socioéconomiques de santé : comprendre et interpréter l'indice de défavorisation, Agence de la santé et des services sociaux de Lanaudière, Institut national de santé publique du Québec, 35p. Présentation 1^{er} avril 2009
- JARMAN B., TOWNSEND P., CARSTAIRS V., Deprivation indices, BMJ. 1991 august 31; 303(6801): 523
- LABRE E., MOULIN J-J., GUEGUEN R., SASS C., CHATAIN C., GERBAUD L., Un indicateur de mesure de la précarité et de la « santé sociale » : le score EPICES. L'expérience des Centres d'examens de santé de l'Assurance maladie, *REVUE DE L'IREN N° 53 - 2007/1*, 48p.
- LALLOUE B., MONNEZ J.-M., PADILLA C., ZMIROU-NAVIER D., DEGUEN S., Méthodologie de création d'un indice de défaveur contextuelle – un outil permettant l'analyse des inégalités sociales de sante, 2012, 6p.
- PAMPALON R., RAYMOND G., Indice de défavorisation matérielle et sociale : son application au secteur de la santé et du bien-être, Santé, société et solidarité n° 1, 2003, pp.191-208
- RICAN S., REY G., LUCAS-GABRIELI V., BARD D., ZEITLIN J., CHARREIRE H., JOUGLA E., SALEM G., VAILLANT Z, COMBIER E., OPPERT J-M., HERCBERG S., CASTETBON K., MEJEAN C., PAMPALON R., DELOS (DEsavantages LOcaux et Sante : construction d'indices pour l'analyse des inégalités sociales et territoriales de santé en France), Présentation « Gènes, environnement et inégalités sociales », 1er Congrès national de Santé et Environnement, Rennes, 14 et 15 décembre 2010

Evaluation de l'exposition au bruit et perception de la gêne

- ALAYRAC M., Indicateurs de gêne sonore pour l'étude d'impact du bruit d'un site industriel: caractérisation physique et perceptuelle, Thèse d'acoustique. Lyon : INSA Lyon, 2009, 255p.
- BAULAC M., BOURGOIS D., GOEURY C., MARRY S., DEFRANCE J., Elaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain, 6p.
Article issu du 10^{ème} Congrès Français d'Acoustique – Lyon, 12-16 avril 2010
- CHAMPELOVIER P., CREMEZI-CHARLET C. LAMBERT J. Evaluation de la gêne due à l'exposition combinée aux bruits routier et ferroviaire, Rapport de recherche n°242, INRETS, Bron, 2003, 150 p.
- CREMEZI C., LAMBERT J., CHAMPLOVIER P., GAUTIER P-E., Gêne en situation de multi-exposition au bruit ferroviaire et routier, 2002, 4p.
- European Commission, Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, WG2 – Dose/Effect, 20 February 2002, 40p.
- GREPP bruit de la DRASS Rhône Alpes, Effets sur la santé des populations exposées aux bruits des infrastructures de transports terrestre, 2009
- LAMBERT J., La gêne due au bruit des transports terrestres, in *Acoustique et Techniques n°28*, Paris, 2002
- MOREL J., MARQUIS-FAVRE C., VIOLLON S., ALAYRAC M., Modèles prédictifs de gêne en situation de multi-exposition à des bruits industriels, 5p.
Article issu du 10^{ème} Congrès Français d'Acoustique – Lyon, 12-16 avril 2010
- MOREL J., Caractérisation physique et perceptuelle du bruit routier urbain pour la définition d'indicateurs de gêne sonore en situation de mono-exposition et de multiexposition en présence de bruit industriel. Thèse d'Acoustique. Lyon : INSA de Lyon, 2012, 311p.
- POWELL C.A, A summation and inhibition model of annoyance response to multiple community noise sources, NASA Technical Paper 1479, 1979
- RAIMBAULT M., LAVANDIER C., CREMEZI-CHARLET C., WALKER E., *Situations de multi-exposition aux bruits routier et ferroviaire : quelles pistes de recherche pour de nouveaux indicateurs ?*, Acoustique et Techniques, n°37, pp. 22-27

Sites internet

- www.bruitparif.fr
- www.ars.iledefrance.sante.fr
- www.insee.fr

Tables des illustrations

Cartes

Carte 1 : Zone d'étude SURVOL - NORD	6
Carte 2 : Zones d'étude SURVOL - SUD.....	6
Carte 3 : indice de Townsend par IRIS en 2006 dans la zone d'étude SURVOL	15
Carte 4 : indice de Townsend par zone d'habitat en 2006 dans la zone d'étude SURVOL	16
Carte 5 : Indice SES par IRIS en 2006 dans la zone d'étude SURVOL	18
Carte 6 : Bruit routier – 2006 – Lden	21
Carte 7 : Bruit ferré – 2006 – Lden.....	22
Carte 8 : Bruit aérien : Courbes d'Environnement Sonore des aéroports franciliens (2006).....	23
Carte 9 : Zones de dépassement des valeurs limites pour la route, le fer, et les aéronefs (2006).....	24
Carte 10 : Concentration moyenne annuelle de NO2 en 2006 (Source : Airparif)	25
Carte 11 : Population surexposée au bruit routier par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006).....	27
Carte 12 : Population surexposée au bruit ferré par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	28
Carte 13 : Population surexposée au bruit des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	29
Carte 14 : Population surexposée au bruit ferré et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)..	30
Carte 15 : Population surexposée au bruit routier et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	31
Carte 16 : Population surexposée au bruit routier, ferré et des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	32
Carte 17 : Population surexposée selon l'indicateur d'exposition multi-sources « Miedema ».....	33
(bruit routier, ferré, et aérien) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006).....	33
Carte 18 : Population surexposée au dioxyde d'azote (NO2) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006).....	34
Carte 19 : Défauteur sociale et surexposition au bruit des aéronefs par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	48
Carte 20 : Défauteur sociale et surexposition aux nuisances sonores (multi-exposition) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006).....	49
Carte 21 : Défauteur sociale et surexposition à la pollution atmosphérique (NO2) par IRIS au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	50
Carte 22 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	52
Carte 23 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales au sein des zones d'étude SURVOL (2006)	52
Carte 24 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales – zone Nord (2006)	53
Carte 25 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales – zone Nord (2006)	53
Carte 26 : Typologie de croisements entre l'indice SES et les pollutions environnementales – zone Sud (2006)	54
Carte 27 : Typologie de croisements entre l'indice de Townsend et les pollutions environnementales – zone Sud (2006)	54

Tableaux

Tableau 1 : Comparatif des indices Townsend et SES.....	12
Tableau 2 : Coefficient de corrélation, test statistique de significativité, coefficient de détermination de l'indice SES	45
Tableau 3 : Coefficient de corrélation, test statistique de significativité, coefficient de détermination de l'indice de Townsend	45
Tableau 4 : Population par variable environnementale selon l'indice SES de l'IRIS de résidence	46
Tableau 5 : Population par variable environnementale selon l'indice de Townsend de l'IRIS de résidence.....	46

Figures

Figure 1 : Procédure de calcul de l'indice SES	14
Figure 2 : Cercle des corrélations des variables de l'ACP finale (axes 1 et 2)	17

Projet SURVOL volet 3 – 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

Figure 3 : Nuage des valeurs par IRIS pour les indices Townsend et SES	19
Figure 4 : Histogrammes des indices de défaveur sociale.....	36
Figure 5 : Histogrammes des variables environnementales	37
Figure 6 : Nuage de points entre l'indice SES et les variables environnementales	39
Figure 7 : Nuage de points entre l'indice de Townsend et les variables environnementales	40
Figure 8 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population surexposée au bruit des aéronefs	42
Figure 9 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population multi-exposée (équivalent Route)	43
Figure 10 : indice SES et indice de Townsend et pourcentage de population surexposée au NO ₂	44
Figure 11 : Part de population exposée par variable environnementale selon l'indice de SES ou de Townsend de l'IRIS de résidence.....	47

Annexe 1 : Méthode de calcul de l'indice de Townsend

Construction de l'indice de Townsend

4 variables de l'indice de Townsend :

V1 : Part de chômeurs dans la pop active

V2 : Part de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce

V3 : Part de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire

V4 : Part de ménages sans voiture

Formule de calcul de l'indice de Townsend :

$$I = \frac{\{\log(V_1 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_1 + 1)]\}}{\text{écart - type}[\log(V_1 + 1)]} + \frac{\{\log(V_2 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_2 + 1)]\}}{\text{écart - type}[\log(V_2 + 1)]} + \frac{\{V_3 - \text{moyenne}(V_3)\}}{\text{écart - type}(V_3)} + \frac{\{V_4 - \text{moyenne}(V_4)\}}{\text{écart - type}(V_4)}$$

Donnée d'entrées utilisées :

- Couche des IRIS au format *Shape*, fournit par l'ARS Ile-de-France
- Les résultats du recensement de la population de 2006, disponibles sur le site de l'INSEE
Pour le calcul des variables V1, V3 et V4, nous avons utilisées les bases de données infra-communales¹⁴ : fichiers : "ACT - Activité des résidents"; "FOR - Diplômes – Formation"; "FAM - Famille - Situation matrimoniale"; "LOG – Logement"; "POP – Population".

Le calcul de la variable V2 a nécessité l'utilisation du fichier de l'enquête Logement¹⁵ (cf. méthode détaillée ci-après).

¹⁴Bases de données infra-communales 2006 : <http://www.recensement-2006.insee.fr/basesInfracommunales.action>

¹⁵Enquête Logement 2006 : <http://www.recensement-2006.insee.fr/fichiersDetailTheme.action?codeTheme=LOGEMT>

Estimation de la variable V2 de l'indice de Townsend "Part des résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce"

Il a été convenu d'utiliser des données de 2006 à l'échelle de l'IRIS, que ce soit pour les données liées au bruit et à l'air, ou pour les données socio-économiques. Nous avons donc utilisé les données du recensement 2006 de l'INSEE pour calculer les variables composant l'indice de Townsend.

Pour le calcul de la variable V2 "Part des résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce", nous avons dû utiliser les données détaillées issues de l'enquête Logement pour connaître le nombre de personnes et de pièces par logement. Contrairement à l'année 2008, les données de l'enquête Logement de 2006 ne sont pas disponibles à l'échelle de l'IRIS. L'échelle géographique la plus fine est la commune.

La donnée manquante pour calculer la variable en 2006 est le « nombre de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce à l'échelle de l'IRIS ». Pour la calculer, nous utilisons cette même variable pour 2006 à l'échelle de la commune, et celles pour 2008 à l'échelle de l'IRIS et de la commune (cf. Tableau 1). Nous faisons l'hypothèse que le rapport IRIS/commune n'a pas changé entre 2006 et 2008.

Année	nombre de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce		Total du nombre de résidences principales par IRIS
	par IRIS	par commune	
2006	n_06_IRIS	N_06_COM	RP_06_IRIS
2008	n_08_IRIS	N_08_COM	RP_08_IRIS
Rapport 2006/2008	n_06_IRIS / n_08_IRIS	N_06_COM / N_08_COM	RP_06_IRIS / RP_08_IRIS

Tableau 1 : nombre de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce ; Total du nombre de résidences principales (inconnue signalée en rouge)

Hypothèse:

$$\frac{n_{08_IRIS}}{N_{08_COM}} = \frac{n_{06_IRIS}}{N_{06_COM}}$$

Cette équation peut également s'exprimer de la façon suivante :

Calcul de la valeur manquante :

$$n_{06_IRIS} = \frac{N_{06_COM}}{N_{08_COM}} \times n_{08_IRIS}$$

Calcul de la valeur en pourcentage :

$$P_{06_IRIS} = \frac{n_{06_IRIS}}{RP_{06_IRIS}}$$

Annexe 2 : Méthode de calcul de l'indice socio-économique SES

Construction de l'indice socio-économique (SES)

par Analyse en Composantes Principales (ACP) au moyen du logiciel R

I. Les données

1. Présentation du jeu de données

Le jeu de données comporte 1557 individus correspondants aux IRIS de la zone d'étude, et 50 variables qui comportent des informations sur l'activité, la formation, la répartition de la population, des ménages et des logements. Toutes les variables sont quantitatives.

VARIABLE	DESCRIPTION
IRIS2	ID complet de l'IRIS ("DEPCOM" + "IRIS")
MO_25ANS	Part des moins de 25 ans dans la population totale
PL_65ANS	Part de plus de 65 ans dans la population totale
POP_ETRAN	Part d'étrangers dans la population totale
POP_IMMIGR	Part d'immigrés dans la population totale
HORS_MENAG	Part des personnes hors ménages sur le total des ménages
POP_ACTIVE	Part des actifs de 15 à 64 ans dans la population totale
POP_ACTI_H	Part des hommes actifs de 15 à 64 ans dans la population totale
POP_ACTI_F	Part des femmes actives de 15 à 64 ans dans la population totale
RETRAITES	Part des retraités dans la population totale
CHOM_1524	Part des chômeurs de 15 à 24 ans
CHOM_PL55	Part des chômeurs de plus de 55 ans
CHOM_HOM	Part des chômeurs hommes de 15 à 64 ans
CHOM_FEM	Part des chômeurs femmes de 15 à 64 ans
CHOM_TOT	Part des chômeurs de 15 à 64 ans
N_SALARIE	Part des indépendants/employeurs/aides familiaux dans la population active
PRECAIRE	Part d'apprentis/intérimaires/stagiaires/CDD/emplois aidés dans la population active
STABLES	Part des CDI/titulaires de la fonction publique dans la population active
SANS_DIPLO	Part de personnes non scolarisées de 15 ans ou plus titulaires d'aucun diplôme
MENAG_SEUL	Part des ménages d'une personne
SCOLARISE	Part de personnes scolarisées de 2 à 30 ans ou plus
CAP_BEP	Part de personnes non scolarisées de 15 ans ou plus titulaires d'un CAP ou d'un BEP
BAC_BREV	Part de personnes non scolarisées de 15 ans ou plus titulaires d'un BAC ou d'un brevet prof.
BAC_PL2	Part de personnes non scolarisées de 15 ans ou plus titulaires d'un BAC +2
ETUDES_SUP	Part de personnes non scolarisées de 15 ans ou plus titulaires d'un diplôme de niveau supérieur
ETUDENCOUR	Part des personnes en cours d'étude parmi les plus de 15 ans
MAISON	Part des maisons dans le total des résidences principales
APPART	Part d'appartements dans le total des résidences principales
CON_AV1974	Part de résidences principales construites de 1949 à 1974 dans le total des résidences principales
CONS_AP1990	Part de résidences principales construites de 1990 à 2003 dans le total des résidences principales
GARAGE	Part de ménages disposant au moins d'un emplacement réservé de stationnement
N_PROPRIO	Part de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire
SURF_M40	Part de résidences principales de moins de 40m ²
SURF_PL100	Part de résidences principales de 100m ² ou plus
NVOIT_pc	Part de ménages sans voiture
N2_VOIT	Part de ménages disposant de deux voitures ou plus
SANITAIRES	Part de résidences principales avec SDB dotée de baignoire ou douche
CHAUFFAGE	Part de résidences principales avec chauffage
HLM	Part de résidences principales HLM
MOBIL_PRO	Part des actifs ne travaillant pas dans leur commune de résidence

MOBIL_2ANS	Part de ménages ayant emménagé depuis moins de 2 ans
MOBIL_5ANS_pc	Part des ménages ayant emménagé depuis plus de 5 ans
MOBIL_10ANS	Part de ménages ayant emménagé depuis 10 ans ou plus
AGRICULT	Part d'agriculteurs exploitants actifs de 15 à 64 ans
ARTISANS	Part d'artisans, commerçants, chefs d'entreprise actifs de 15 à 64 ans
CADRES	Part de cadres et professions intellectuelles supérieures actifs de 15 à 64 ans
PROF_INT	Part de professions intellectuelles actives de 15 à 64 ans
EMPLOYES	Part d'employés actifs de 15 à 64 ans
OUVRIERS	Part d'ouvriers actifs de 15 à 64 ans
FAMIL_MONO	Part de ménages dont la famille principale est une famille monoparentale
REVENU_MED	Revenu médian (revenu par unité de consommation : médiane)

2. Gestion des valeurs manquantes

Sept IRIS ne disposent d'aucune valeur. Ces derniers ont été conservés. Dans le script R ces lignes aux valeurs manquantes ont été détectées et utilisées en tant que valeurs illustratives.

Pour la variable "revenu médian", dans les données disponibles de l'INSEE à l'échelle infra-communale¹⁶ certains IRIS ne possédaient pas de d'informations (316 sur les 1557 IRIS de la zone d'étude). Une partie de ces valeurs manquantes s'explique par une question d'échelle : dans le cas d'une commune étant composée d'un seul IRIS, le revenu médian est fourni dans la base par commune et non dans celle par IRIS. Les données manquantes restantes ne sont pas fournies par l'INSEE, notamment dans le cas d'IRIS avec un faible nombre de foyers.

Pour compléter ces données manquantes, nous avons appliqué la méthode des chercheurs de l'EHESP, qui se basent sur les valeurs des IRIS voisins :

- ⇒ si l'IRIS correspond à une commune complète, l'IRIS prend la valeur du revenu médian de la commune;
- ⇒ si la commune est composée de 2 ou 3 IRIS tous sans valeur, les IRIS prennent la valeur du revenu médian de la commune;
- ⇒ si la commune est constituée de plus de 4 IRIS sans valeur, chaque IRIS prend la valeur moyenne des revenus médians des IRIS voisins (tous ceux qui l'entourent);
- ⇒ si un ou deux ou plus d'IRIS dans une commune sont sans valeur, chaque IRIS prend la valeur moyenne des revenus médians des IRIS voisins (tous ceux qui l'entourent).

¹⁶Bases de données des revenus en 2006 - IRIS et commune :
http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=structure-distrib-revenus-2006

II. Les ACP

1. Réduction des groupes de variables redondantes

Trois groupes de variables sont fortement corrélées entre elles. Afin de sélectionner la variable la plus représentative de chaque groupe, on effectue une ACP spécifique à chaque groupe et on sélectionne pour chaque groupe la variable présentant le \cos^2 maximum avec le premier axe factoriel de l'ACP.

1.1 Groupe "Actifs"

Résultats pour le premier axe de l'ACP :

	coord	cos2	contrib
POP_ACTIVE	1.00	1.00	40.26
POP_ACTI_H	0.86	0.74	29.79
POP_ACTI_F	0.86	0.74	29.95

Variable retenue : "POP_ACTIVE".

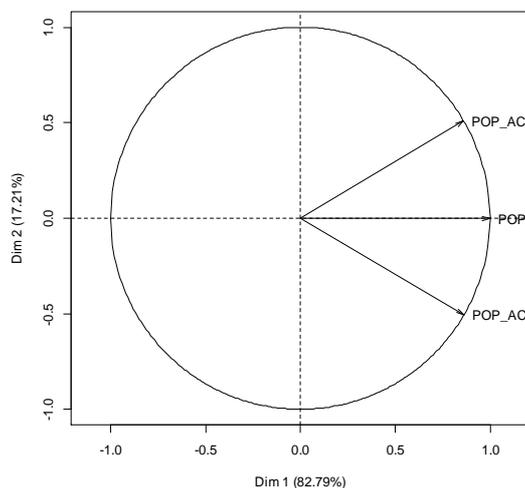


Figure 1 – Cercle des corrélations des variables l'ACP "Actifs" (axes 1 et 2)

1.2 Groupe "Chômeurs"

Résultats pour le premier axe de l'ACP :

	coord	cos2	contrib
CHOM_1524	0.87	0.76	20.34
CHOM_PL55	0.49	0.24	6.29
CHOM_HOM	0.95	0.90	23.95
CHOM_FEM	0.94	0.88	23.42
CHOM_TOT	0.99	0.97	26.00

Variable retenue : "CHOM_TOT".

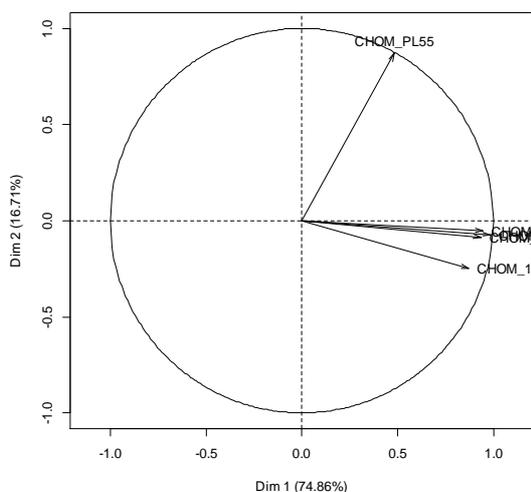


Figure 2 – Cercle des corrélations des variables l'ACP "Chômeurs" (axes 1 et 2)

1.3 Groupe "Mobilité"

Résultats pour le premier axe de l'ACP :

	coord	cos2	contrib
MOBIL_PRO	0.29	0.09	4.75
MOBIL_2ANS	-0.75	0.57	30.98
MOBIL_5ANS	-0.50	0.25	13.76
MOBIL_10ANS	0.96	0.92	50.51

Variable retenue : "MOBIL_10ANS".

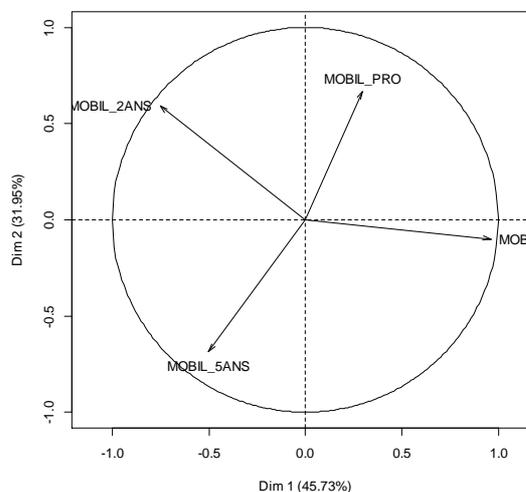


Figure 3 – Cercle des corrélations des variables l'ACP "Mobilité" (axes 1 et 2)

2. Sélection des variables

Pour sélectionner les variables les plus pertinentes, nous réalisons une ACP sur les variables retenues après la réduction des groupes redondants. Seules les variables ayant une contribution à la construction du premier axe supérieure à 100/nombre de variables sont conservées.

Inertie cumulée des axes (en%)

	eigenvalue	percentage of variance	cumulative percentage of variance	
comp 1	16.24		39.60	39.60
comp 2	5.81		14.18	53.77
comp 3	3.21		7.84	61.61
comp 4	3.05		7.45	69.06
comp 5	2.52		6.16	75.22
comp 6	1.42		3.47	78.69
comp 7	1.01		2.46	81.14
comp 8	0.86		2.09	83.23
comp 9	0.75		1.84	85.07
comp 10	0.73		1.78	86.85

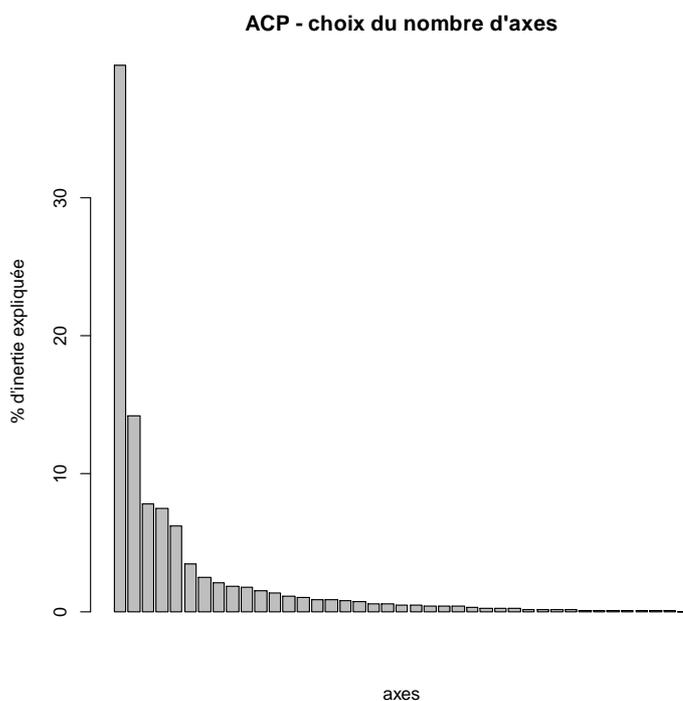


Figure 4 – Diagramme d'inertie des axes

Coordonnées, COS² et contributions des variables

	contrib 1	coord 1	cos2 1	contrib 2	coord 2	cos2 2	
CHOM_TOT	5.00	0.63	0.39	5.57	-0.57	0.32	
REVENU_MED	4.75	-0.42	0.18	4.30	0.50	0.25	
N_PROPRIO	4.64	0.83	0.68	0.04	0.05	0.00	
POP_IMMIGR	4.52	0.86	0.73	0.02	0.03	0.00	
SANS_DIPLO	4.34	0.06	0.00	0.02	-0.04	0.00	
HLM	4.31	-0.31	0.09	0.44	0.16	0.03	
NVOIT_pc	4.24	-0.49	0.24	2.63	0.39	0.15	
POP_ETRAN	4.21	0.90	0.81	0.03	-0.04	0.00	
GARAGE	4.01	0.84	0.70	0.56	-0.18	0.03	
FAMIL_MONO	3.98	-0.67	0.45	0.00	0.00	0.00	
EMPLOYES	3.85	0.60	0.36	0.07	-0.06	0.00	
BAC_PL2	3.84	-0.74	0.54	0.13	0.09	0.01	
OUVRIERS	3.63	0.34	0.11	2.20	-0.36	0.13	
N2_VOIT	3.57	0.12	0.01	12.99	0.87	0.75	
STABLES	3.33	0.41	0.17	5.40	-0.56	0.31	
PROF_INT	3.30	-0.08	0.01	3.96	-0.48	0.23	
SURF_PL100	3.26	-0.55	0.30	0.55	0.18	0.03	
CADRES	3.07	-0.79	0.62	1.75	0.32	0.10	
MAISON	2.93	-0.58	0.33	5.83	0.58	0.34	
N_SALARIE	2.79	-0.69	0.47	5.96	-0.59	0.35	
APPART	2.73	0.67	0.44	6.34	0.61	0.37	
MO_25ANS	2.43	0.49	0.24	0.61	0.19	0.04	2,439
PRECAIRE	2.20	-0.32	0.10	0.28	-0.13	0.02	
ETUDES_SUP	2.04	-0.81	0.65	1.17	-0.26	0.07	
BAC_BREV	1.84	0.87	0.75	0.98	0.24	0.06	
CON_AV1974	1.48	0.22	0.05	6.00	0.59	0.35	
RETRAITES	1.47	-0.73	0.53	3.88	-0.47	0.23	
SANITAIRES	1.32	0.83	0.69	2.90	0.41	0.17	
ARTISANS	1.14	-0.76	0.58	5.62	-0.57	0.33	
PL_65ANS	1.08	-0.46	0.21	0.40	-0.15	0.02	
SCOLARISE	1.04	0.37	0.14	6.67	0.62	0.39	
CHAUFFAGE	0.84	0.84	0.70	0.01	-0.02	0.00	
ETUDENCOUR	0.70	-0.22	0.05	3.22	-0.43	0.19	
CONS_AP1990	0.61	-0.16	0.02	0.65	-0.19	0.04	
POP_ACTIVE	0.58	-0.43	0.19	0.35	-0.14	0.02	
MOBIL_10ANS	0.30	-0.71	0.50	3.50	0.45	0.20	
SURF_M40	0.30	-0.73	0.54	0.10	0.08	0.01	
AGRICULT	0.15	0.79	0.63	1.07	-0.25	0.06	
MENAG_SEUL	0.08	0.77	0.59	2.72	-0.40	0.16	
CAP_BEP	0.04	0.80	0.65	0.13	-0.09	0.01	
HORS_MENAG	0.02	-0.88	0.77	0.96	0.24	0.06	

La ligne rouge correspond au seuil de sélection des variables sur le premier axe qui correspond à 100/nombre de variables, soit **2.439**.

Les 21 variables sélectionnées, ayant une contribution supérieure à ce seuil, sont : MO_25ans, POP_ETRANG, POP_IMMIGR, CHOM_TOT, SANS_DIPLO, N_SALARIE, STABLES_BAC_PL2, ETUDES_SUP, MAISON, GARAGE, N_PROPRIO, SURF_PL100, NVOIT_pc, N2_VOIT, HLM, CADRES, PROF_INT, EMPLOYES, OUVRIERS, FAMIL_MONO, REVENU_MED.

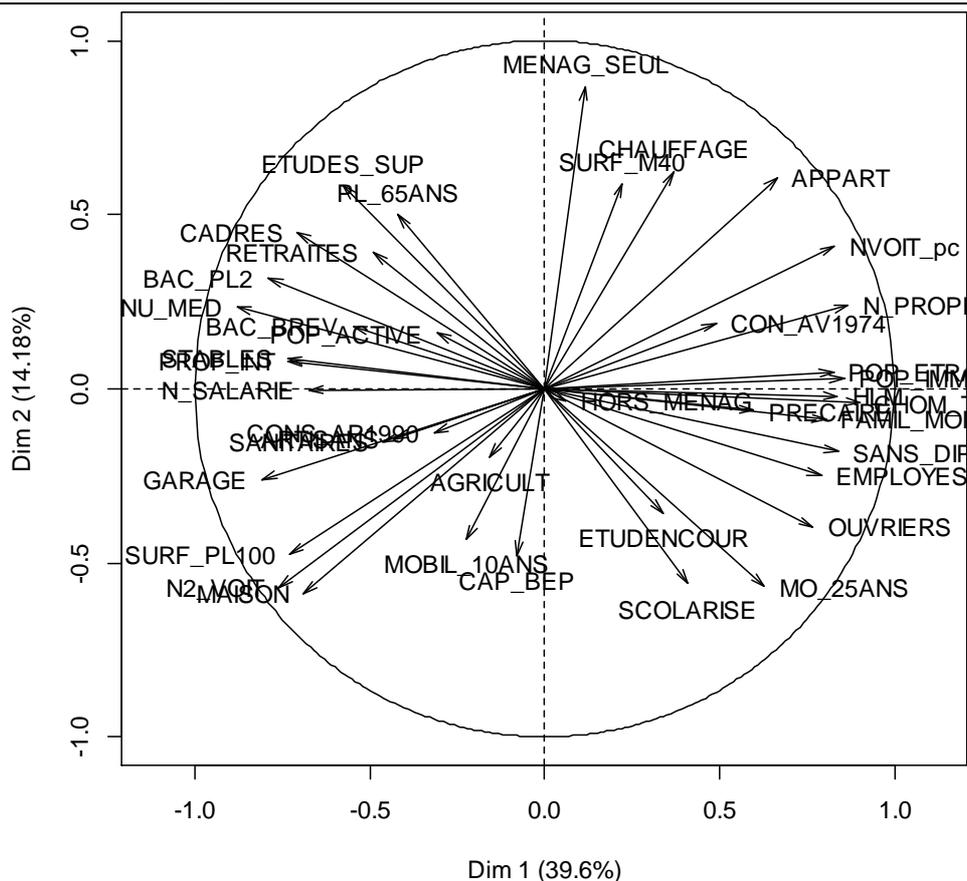


Figure 5 – Cercle des corrélations des variables de l'ACP de sélection (axes 1 et 2)

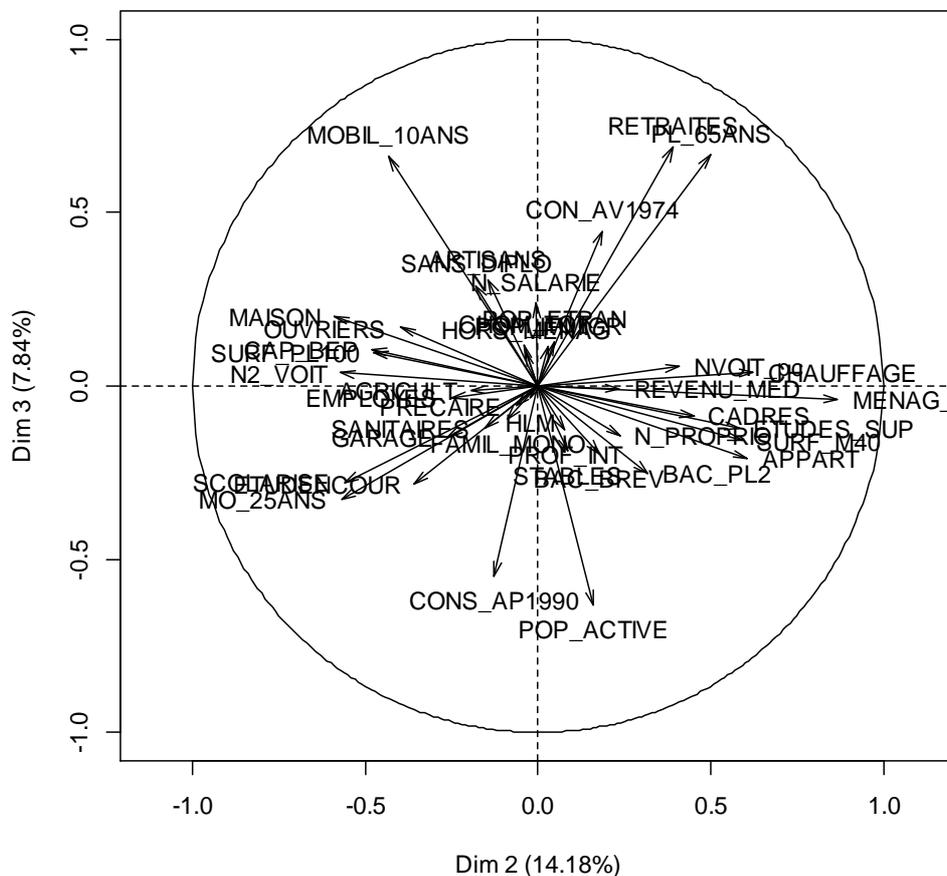


Figure 6 – Cercle des corrélations des variables l'ACP de sélection (axes 2 et 3)

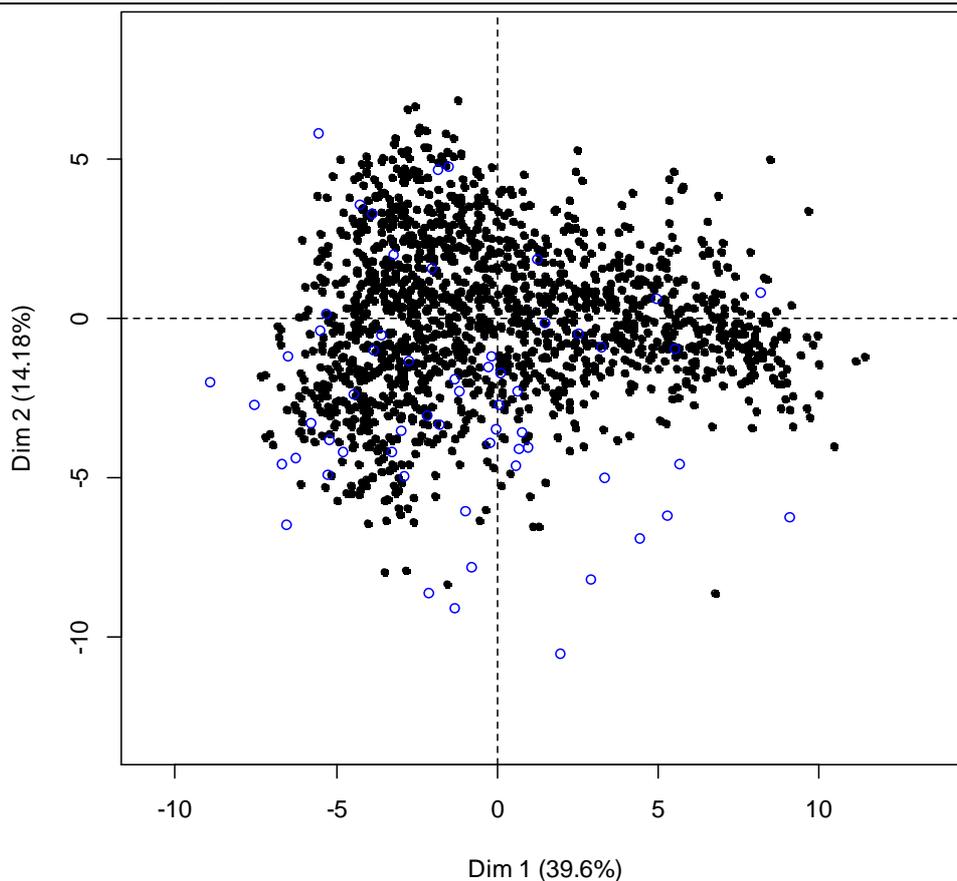


Figure 7 – Représentation des individus de l'ACP de sélection (axes 1 et 2)
En bleu, les individus illustratifs

3. ACP finale et création de l'indice

L'ACP finale, réalisée avec les variables sélectionnées lors de l'étape précédente, permet de calculer l'indice. Ce dernier est créé à partir des coordonnées des individus actifs et illustratifs (c'est-à-dire les IRIS) sur le premier axe, centrées (lors de la réalisation de l'ACP) et réduites.

Inertie cumulée des axes (en%)

	eigenvalue	percentage of variance	cumulative percentage of variance	percentage of variance
comp 1	13.23		62.98	62.98
comp 2	2.66		12.66	75.64
comp 3	1.50		7.15	82.79
comp 4	0.91		4.32	87.11
comp 5	0.45		2.16	89.27
comp 6	0.40		1.89	91.16
comp 7	0.33		1.57	92.73
comp 8	0.25		1.17	93.91
comp 9	0.24		1.13	95.03
comp 10	0.22		1.03	96.06
comp 11	0.19		0.91	96.97
comp 12	0.15		0.69	97.66
comp 13	0.11		0.54	98.20
comp 14	0.09		0.45	98.65
comp 15	0.07		0.34	98.99
comp 16	0.06		0.31	99.30
comp 17	0.05		0.26	99.56
comp 18	0.04		0.20	99.75
comp 19	0.03		0.13	99.89
comp 20	0.02		0.07	99.96
comp 21	0.01		0.04	100.00

ACP - choix du nombre d'axes

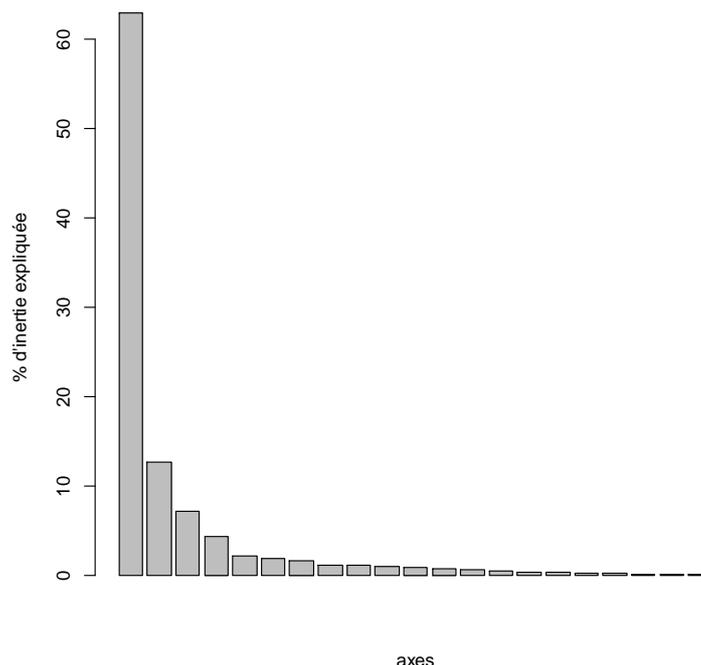


Figure 8 – Diagramme d'inertie des axes

Coordonnées, COS² et contributions des variables

	coord 1	cos2 1	contrib 1	coord 2	cos2 2	contrib 2
POP_ETRAN	0.82	0.68	5.13	0.12	0.02	0.58
POP_IMMIGR	0.85	0.73	5.49	0.11	0.01	0.48
CHOM_TOT	0.90	0.81	6.16	0.13	0.02	0.61
SANS_DIPLO	0.85	0.72	5.42	0.38	0.14	5.32
N_SALARIE	-0.66	0.44	3.34	0.08	0.01	0.26
STABLES	-0.72	0.52	3.95	-0.21	0.05	1.71
BAC_PL2	-0.78	0.61	4.62	-0.42	0.18	6.71
MAISON	-0.71	0.51	3.85	0.65	0.43	16.12
APPART	0.69	0.48	3.62	-0.67	0.45	16.97
GARAGE	-0.83	0.68	5.16	0.18	0.03	1.16
N_PROPRIO	0.88	0.77	5.82	-0.28	0.08	3.02
SURF_PL100	-0.76	0.58	4.37	0.44	0.19	7.21
NVOIT_pc	0.86	0.73	5.53	-0.28	0.08	2.90
N2_VOIT	-0.79	0.63	4.77	0.50	0.25	9.46
HLM	0.84	0.70	5.28	-0.08	0.01	0.24
CADRES	-0.71	0.50	3.79	-0.52	0.27	10.30
PROF_INT	-0.73	0.53	4.00	-0.16	0.03	0.94
EMPLOYES	0.79	0.63	4.74	0.24	0.06	2.08
OUVRIERS	0.76	0.58	4.40	0.53	0.28	10.55
FAMIL_MONO	0.79	0.63	4.73	-0.04	0.00	0.07
REVENU_MED	-0.88	0.77	5.84	-0.30	0.09	3.30

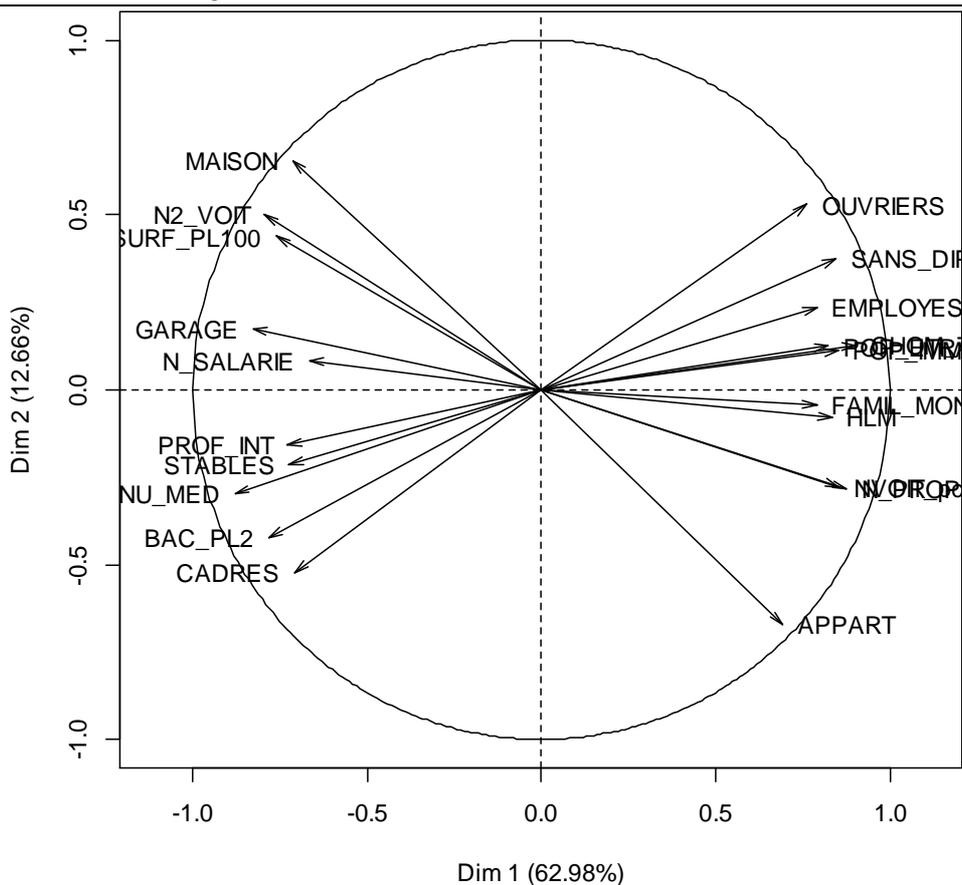


Figure 9 – Cercle des corrélations des variables de l'ACP finale (axes 1 et 2)

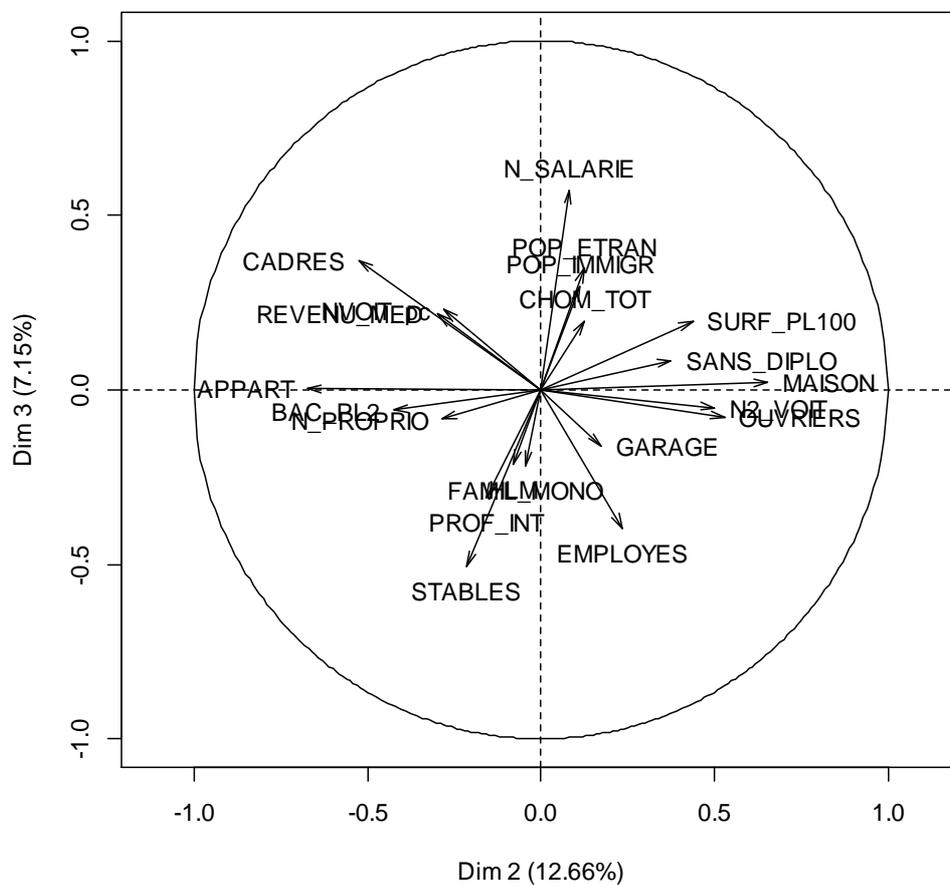


Figure 10 – Cercle des corrélations des variables de l'ACP finale (axes 2 et 3)

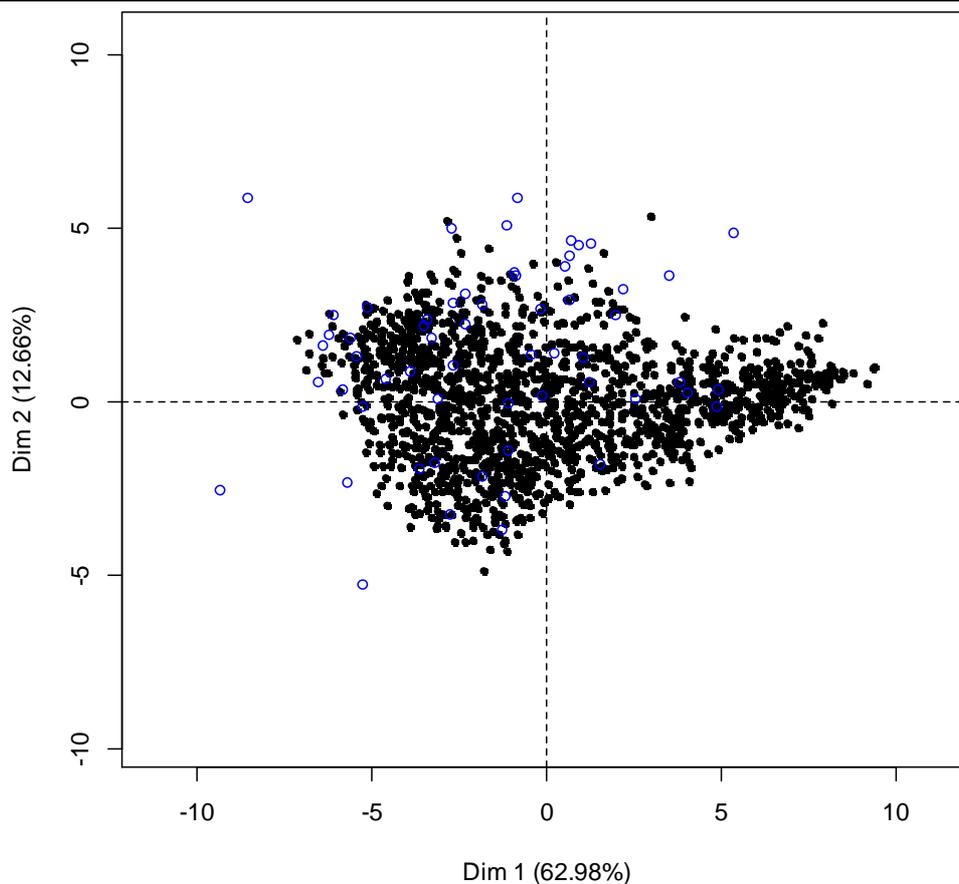


Figure 11 – Représentation des individus de l'ACP finale (axes 1 et 2)
En bleu, les individus illustratifs