

# Inégalités sociales d'exposition au NO<sub>2</sub> ambiant sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine



Christophe DECLERCQ Hélène PROUVOST



# **Inégalités sociales d'exposition au NO<sub>2</sub> ambiant sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine**

Christophe DECLERCQ<sup>1</sup>  
Hélène PROUVOST<sup>1</sup>

avec le concours de  
Sabine BROSH<sup>2</sup>  
Gilles TRÉDEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Chargé d'études, ORS Nord - Pas-de-Calais, Loos

<sup>2</sup> Rédactrice, ORS Nord - Pas-de-Calais, Loos

<sup>3</sup> Technicien d'enquêtes, ORS Nord - Pas-de-Calais, Loos

Ce travail a été réalisé avec le soutien du Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais.

Nous avons utilisé des données issues d'un projet financé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) dans le cadre du PREDIT 3 (Programme de Recherche Et D'Innovation dans les Transports terrestres) et réalisé en collaboration avec R. Lagache (Centre d'Études Techniques de l'Équipement Nord-Picardie) et D. Quélo (Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique).

Ce projet avait pu bénéficier des apports des étapes antérieures mises en œuvre dans le cadre du PREDIT 2 et associant Lille Métropole Communauté Urbaine (P. Palmier, C. Ganter), le Centre d'Études Techniques de l'Équipement Nord-Picardie (R. Lagache, F. Hasiak, B. Quételard, S. Mathon), le Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique (D. Quélo), la Direction Départementale de l'Équipement du Nord (A. Moreau), avec le soutien d'un groupe de travail constitué des partenaires déjà mentionnés et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (J. Noppe, H. Desqueyroux), l'Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité (M. Chiron), le Centre d'Études sur les Réseaux de Transport et l'Urbanisme (J.-P. Vinot) et ATMO Nord - Pas-de-Calais (I. Sagnier).



## Sommaire

<b>1 Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2 Méthodes</b>	<b>7</b>
2.1 Territoire d'étude . . . . .	7
2.2 Échelle géographique . . . . .	7
2.3 Indice de défaveur sociale . . . . .	7
2.4 Modélisation des concentrations ambiantes de NO <sub>2</sub> . . . . .	10
2.5 Analyse statistique . . . . .	11
<b>3 Résultats</b>	<b>13</b>
3.1 Caractéristiques socio-économiques des IRIS . . . . .	13
3.2 Concentrations moyennes annuelles de NO <sub>2</sub> . . . . .	13
3.3 Relations entre situation socio-économique des IRIS et concentration moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> . . . . .	18
3.4 Estimation de l'exposition de la population . . . . .	18
<b>4 Discussion et conclusion</b>	<b>23</b>
<b>Références</b>	<b>25</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>29</b>
<b>Table des figures</b>	<b>31</b>



## 1 Introduction

Les résultats des travaux épidémiologiques de ces quinze dernières années ont montré l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé [1]. En particulier, de nombreuses études de séries temporelles ont rapporté un effet à court-terme de l'exposition à la pollution atmosphérique urbaine sur la mortalité [2-5]. Des études de cohorte, moins nombreuses, aux États-Unis [6, 7] mais aussi en Europe [8], y compris en France [9] ont complété ces résultats en montrant l'impact à long-terme, sur l'espérance de vie, de la pollution atmosphérique. Cet impact sur la mortalité est relativement modéré mais, étant donné l'effectif de population concerné, c'est-à-dire l'ensemble de la population urbaine, l'impact sur la santé publique de la pollution atmosphérique doit être considéré comme tout à fait significatif aux niveaux de concentration actuellement observés dans les villes européennes [10].

Pour les études de séries temporelles comme pour les études de cohorte les plus anciennes, l'exposition de la population étudiée est généralement estimée de manière moyenne et agrégée à l'échelle d'une agglomération ou d'une partie d'agglomération, en utilisant les données des stations de mesure de la qualité de l'air installées dans le territoire considéré. Les progrès en matière de mesure et de modélisation de la qualité de l'air ont permis d'analyser les variations intra-urbaines de la qualité de l'air [11]. Ceci a permis de montrer que le gradient intra-urbain des niveaux de concentration des polluants pouvait être supérieur au gradient inter-urbain observé entre les niveaux moyens des agglomérations [12]. Ces progrès en matière de modélisation ont également pu montrer que les variations spatiales, intra-urbaines, des concentrations de polluants étaient liées à la situation économique et sociale de la population : les populations socialement les plus défavorisées sont généralement exposées à des niveaux de concentration en moyenne plus élevés [13-19].

Des résultats plus limités suggèrent que, non seulement il existe des inégalités sociales d'exposition à la

pollution atmosphérique [20, 21], mais que l'impact de la qualité de l'air sur la mortalité est plus important dans les populations les plus défavorisées [22]. L'exposition à la pollution atmosphérique apparaît ainsi comme un des éléments des conditions matérielles de vie des populations défavorisées qui expliquent l'impact de la situation sociale sur les inégalités de santé [23].

Ces préoccupations s'inscrivent dans le contexte de la prise en compte des inégalités environnementales dans les politiques publiques. Ce souci est d'abord apparu aux États-Unis, au début des années 1980, dans le mouvement pour la justice environnementale, autour du constat, par des habitants et des militants pour les droits civiques, de l'implantation plus fréquente de sites industriels à risque à proximité des résidences de groupes minoritaires [24]. En Europe, cette thématique a d'abord été développée en Grande Bretagne [14], en particulier autour des inégalités sociales d'exposition à la pollution atmosphérique. En France, la thématique des inégalités environnementales n'a émergé que récemment sur l'agenda scientifique [25-28]. Dans le contexte français, différent sur le plan politique et social de celui des pays anglo-saxons, les travaux empiriques visant à décrire ces inégalités sont malheureusement rares.

Le présent travail vise à montrer comment la modélisation de la qualité de l'air et l'analyse à une échelle géographique fine de ses relations avec la situation socioéconomique de la population permettent de décrire les inégalités sociales d'exposition à la pollution atmosphérique. Il se base sur l'étude d'un cas, l'exposition au NO<sub>2</sub> ambiant de la population de Lille Métropole Communauté Urbaine en 1998, pour lequel nous disposons de données issues d'un projet antérieur [29, 30]. Ce travail a été réalisé à la demande du Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais, dans le cadre d'un projet visant à contribuer à mieux connaître l'exposition de la population de la région aux facteurs de risque environnementaux (projet SISENV).



## 2 Méthodes

### 2.1 Territoire d'étude

Cette étude a été menée sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU), qui regroupait, en 1999, 86 communes<sup>1</sup> sur un territoire de 612 km<sup>2</sup> (figure 2.1). Elle comptait 1 091 156 habitants au recensement de 1999 ; soit une densité de population de 1 783 habitants au km<sup>2</sup>.

LMCU se distingue des autres aires urbaines comparables, par exemple Lyon ou Marseille, par son caractère multipolaire [31]. La densité de population varie nettement selon les communes : la population est surtout concentrée dans les 13 communes peuplées de plus de 20 000 habitants au recensement de 1999, qui représentaient plus de 60 % de la population totale de LMCU, et en particulier Lille, la ville centre, mais aussi Roubaix, Tourcoing et Villeneuve d'Ascq (figure 2.2).

Le territoire de LMCU est marqué par une forte concentration de flux routiers, superposant des trafics nationaux et internationaux sur des autoroutes (A1, A22, A23, A25) à des trafics régionaux et locaux (figure 2.3). Les émissions de polluants dans l'air sont donc dominées par les émissions liées au trafic routier.

### 2.2 Échelle géographique

Nous avons réalisé nos analyses à l'échelle géographique la plus fine pour laquelle nous disposions de données socio-démographiques détaillées, soit les IRIS-2000 (Ilôts Regroupés pour l'Information Statistique) définis par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques<sup>2</sup>. L'INSEE a défini trois types d'IRIS : les IRIS d'habitat, dont la population se situe entre 1 800 et 5 000 habitants et qui sont homogènes quant au type d'habitat, les IRIS d'activité, qui regroupent plus de 1 000 salariés et comptent deux fois plus d'emplois salariés que de population résidente, et les IRIS divers, de superficie importante à usage particulier (bois, parcs, zones portuaires...).

Nous avons utilisé les contours géographiques des IRIS fournis par l'Institut Géographique National (IGN) et les données socio-démographiques fournies par l'INSEE. LMCU compte 504 IRIS, soit de 1 à 95 IRIS par commune (figure 2.1). Deux IRIS, la plate-forme multimodale de Lomme et le siège de LMCU, n'ont

pas de résident et ont donc été exclus des analyses portant sur les variables socio-démographiques.

### 2.3 Indice de défaveur sociale

Nous avons choisi de résumer les caractéristiques socio-économiques des IRIS en utilisant un indice composite de défaveur sociale [32]. Nous utilisons dans ce travail l'expression *défaveur sociale*, pour traduire le mot anglais *deprivation*, compris comme un « état observable et démontrable de désavantage relatif face à la communauté locale ou à l'ensemble de la société à laquelle appartient l'individu, la famille ou le groupe » [33]. Dans ce travail, nous avons calculé, pour chaque IRIS, l'indice de Townsend [33] construit à partir de quatre variables du recensement de 1999 : la proportion de chômeurs dans la population active, la proportion de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce, la proportion de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire et la proportion de ménages sans voiture.

Soit  $V_1$ , le pourcentage de chômeurs dans la population active,  $V_2$ , le pourcentage de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce,  $V_3$ , le pourcentage de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire et  $V_4$ , le pourcentage de ménages sans voiture ; l'indice de Townsend est  $I$  tel que :

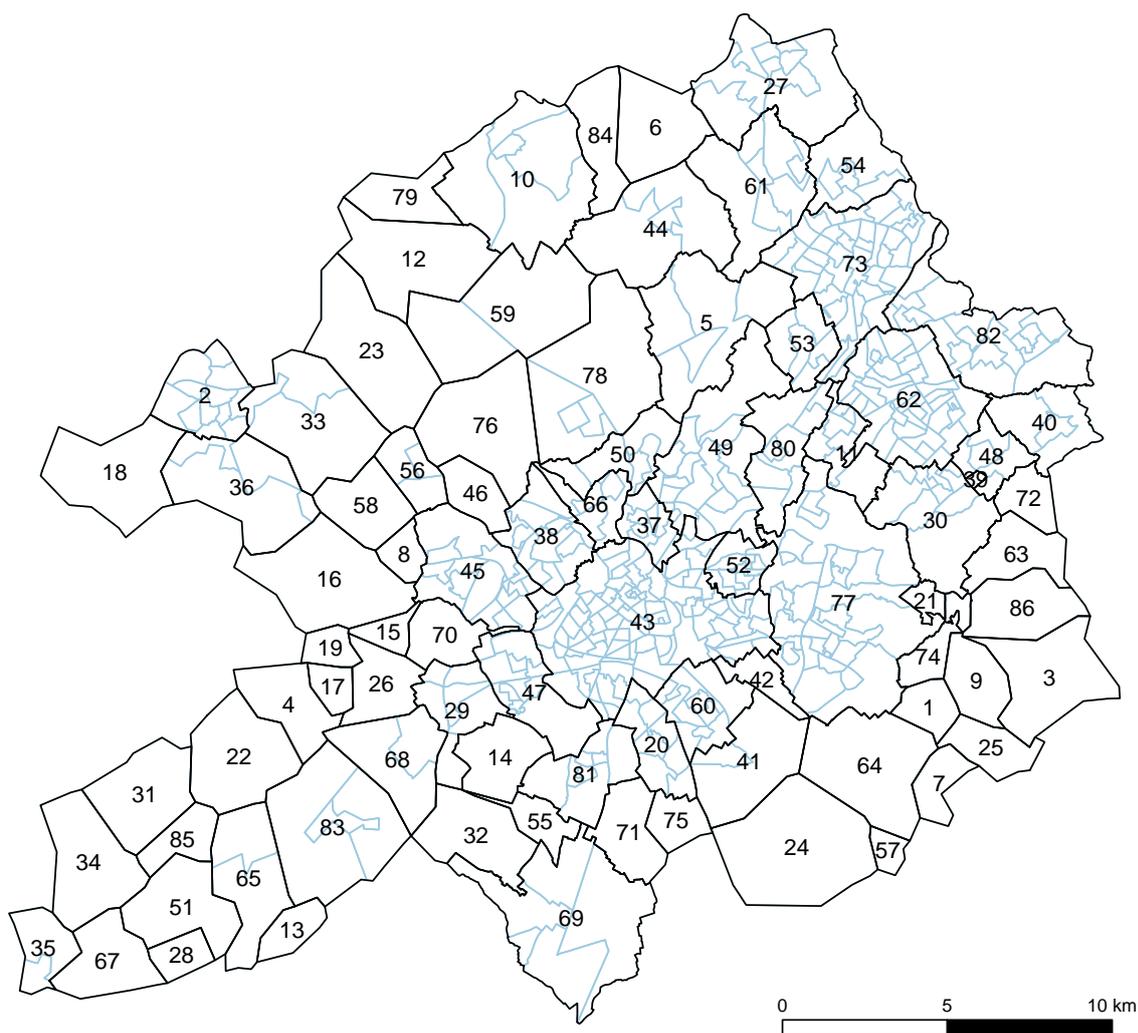
$$I = \frac{\left\{ \log(V_1 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_1 + 1)] \right\}}{\text{écart-type}[\log(V_1 + 1)]} + \frac{\left\{ \log(V_2 + 1) - \text{moyenne}[\log(V_2 + 1)] \right\}}{\text{écart-type}[\log(V_2 + 1)]} + \frac{\left\{ V_3 - \text{moyenne}(V_3) \right\}}{\text{écart-type}(V_3)} + \frac{\left\{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

Nous avons calculé l'indice de Townsend pour l'ensemble des IRIS de la région Nord-Pas-de-Calais, et utilisé dans le présent travail les résultats obtenus pour les IRIS de LMCU. Les valeurs élevées de l'indice indiquent une situation socioéconomique relativement défavorisée dans l'IRIS et les valeurs basses, une situation relativement favorisée.

<sup>1</sup>Depuis 2000, la commune de Lomme a fusionné avec celle de Lille et LMCU compte donc depuis lors 85 communes.

<sup>2</sup>[http://www.insee.fr/fr/nom\\_def\\_met/definitions/html/ilots-regr-pour-inf-stat-2000.htm](http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/definitions/html/ilots-regr-pour-inf-stat-2000.htm)

Figure 2.1 : Communes et IRIS de Lille Métropole Communauté Urbaine



- |                               |                                |                            |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 : ANSTAING                  | 30 : HEM                       | 59 : QUESNOY-SUR-DEULE     |
| 2 : ARMENTIERES               | 31 : HERLIES                   | 60 : RONCHIN               |
| 3 : BAISIEUX                  | 32 : HOUPLIN-ANCOISNE          | 61 : RONCQ                 |
| 4 : BEAUCAMPS-LIGNY           | 33 : HOUPLINES                 | 62 : ROUBAIX               |
| 5 : BONDUES                   | 34 : ILLIES                    | 63 : SAILLY-LEZ-LANNOY     |
| 6 : BOUSBECQUE                | 35 : LA BASSEE                 | 64 : SAINGHIN-EN-MELANTOIS |
| 7 : BOUVINES                  | 36 : LA CHAPELLE-D'ARMENTIERES | 65 : SAINGHIN-EN-WEPPES    |
| 8 : CAPINGHEM                 | 37 : LA MADELEINE              | 66 : SAINT-ANDRE-LEZ-LILLE |
| 9 : CHERENG                   | 38 : LAMBERSART                | 67 : SALOME                |
| 10 : COMINES                  | 39 : LANNOY                    | 68 : SANTES                |
| 11 : CROIX                    | 40 : LEERS                     | 69 : SECLIN                |
| 12 : DEULEMONT                | 41 : LESQUIN                   | 70 : SEQUEDIN              |
| 13 : DON                      | 42 : LEZENNES                  | 71 : TEMPLEMARS            |
| 14 : EMMERIN                  | 43 : LILLE                     | 72 : TOUFFLERS             |
| 15 : ENGLOS                   | 44 : LINSSELLES                | 73 : TOURCOING             |
| 16 : ENNETIERES-EN-WEPPES     | 45 : LOMME                     | 74 : TRESSIN               |
| 17 : ERQUINGHEM-LE-SEC        | 46 : LOMPRET                   | 75 : VENDEVILLE            |
| 18 : ERQUINGHEM-LYS           | 47 : LOOS                      | 76 : VERLINGHEM            |
| 19 : ESCOBECQUES              | 48 : LYS-LEZ-LANNOY            | 77 : VILLENEUVE-D'ASCQ     |
| 20 : FACHES-THUMESNIL         | 49 : MARCQ-EN-BAROEUL          | 78 : WAMBRECHIES           |
| 21 : FOREST-SUR-MARQUE        | 50 : MARQUETTE-LEZ-LILLE       | 79 : WARNETON              |
| 22 : FOURNES-EN-WEPPES        | 51 : MARQUILLIES               | 80 : WASQUEHAL             |
| 23 : FRELINGHIEN              | 52 : MONS-EN-BAROEUL           | 81 : WATTIGNIES            |
| 24 : FRETIN                   | 53 : MOUVAUX                   | 82 : WATTRELOS             |
| 25 : GRUSON                   | 54 : NEUVILLE-EN-FERRAIN       | 83 : WAVRIN                |
| 26 : HALLENNES-LEZ-HAUBOURDIN | 55 : NOYELLES-LES-SECLIN       | 84 : WERVICQ-SUD           |
| 27 : HALLUIN                  | 56 : PERENCHIES                | 85 : WICRES                |
| 28 : HANTAY                   | 57 : PERONNE-EN-MELANTOIS      | 86 : WILLEMS               |

Figure 2.2 : Densité de population par IRIS en 1999

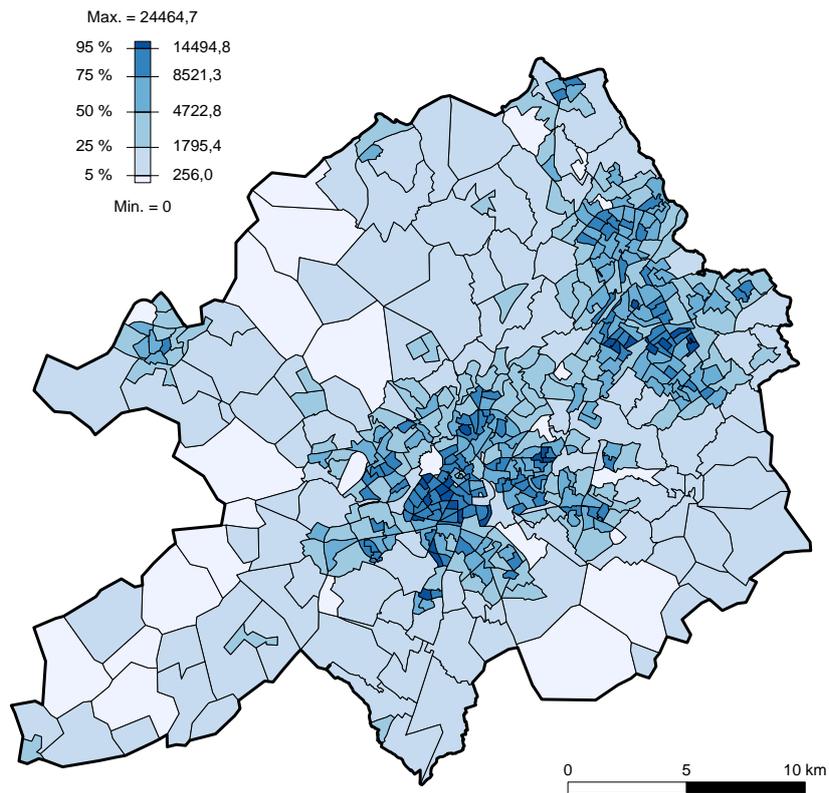


Figure 2.3 : Principales voies de circulation de Lille Métropole Communauté Urbaine

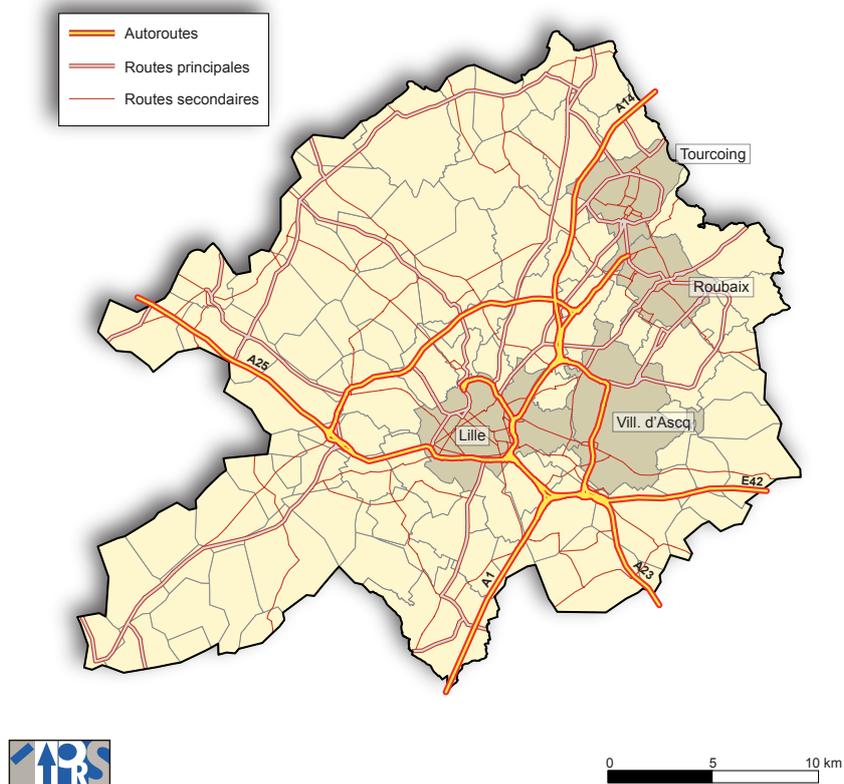
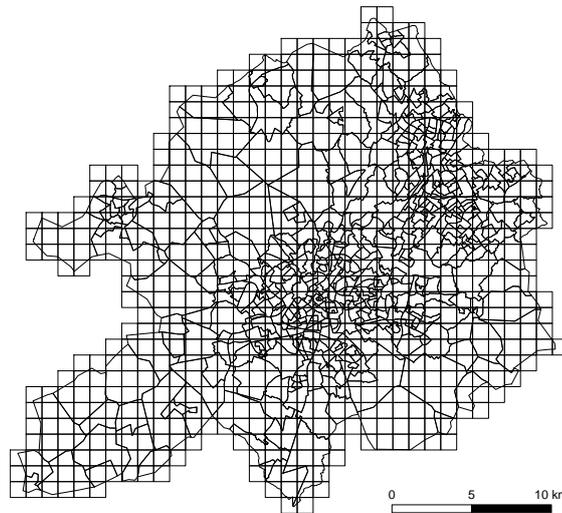


Figure 2.4 : Maillage du modèle et contours des IRIS



## 2.4 Modélisation des concentrations ambiantes de NO<sub>2</sub>

Nous avons pu utiliser pour ce travail les résultats antérieurs d'un projet collaboratif associant Lille Métropole Communauté Urbaine, le Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) Nord-Picardie, le Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique (CEREA) et l'ORS Nord - Pas-de-Calais. Ce projet visait à évaluer l'impact du Plan de Déplacements Urbains de Lille Métropole sur le trafic, les émissions de polluants, la qualité de l'air et la mortalité [29, 30] et a pu être réalisé dans le cadre du PREDIT (Programme de Recherche Et D'Innovation dans les Transports terrestres).

Dans le cadre de ce projet, une chaîne complexe de modélisation du trafic, des émissions liées à ce trafic et des concentrations de polluants de l'air ainsi engendrés a été mise en œuvre. Cet exercice de modélisation a permis d'estimer une concentration de NO<sub>2</sub> pour chaque journée de l'année 1998 et pour chacune des mailles de 1 km×1 km du domaine de modélisation (l'arrondissement de Lille). Nous résumons ci-dessous les principales étapes de la modélisation, qui a été présentée antérieurement en détail [29, 30].

Le trafic a été modélisé à l'aide du logiciel EMME/2 [34] et les résultats ont servi de données d'entrée pour appliquer la méthodologie COPERT III [35] de modélisation des émissions des véhicules, en utilisant le logiciel COPCETE. Le parc roulant utilisé pour la modélisation était le parc dynamique de l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS) [36]. Les émissions ponctuelles des principaux gros émetteurs (données de la Direction Régionale de

l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement) et des autres sources (données EMEP [37]) ont été également prises en compte.

Les concentrations de NO<sub>2</sub> ont été modélisées à l'aide de la chaîne de modélisation POLYPHEMUS, développée par le CEREA [38], qui comprend en particulier POLAIR3D, un modèle de chimie-transport eulérien tridimensionnel [39]. Les conditions aux limites du domaine de modélisation ont été fournies par les modèles à l'échelle globale MOZART [40] et GO-CART [41].

Les champs de concentration en sortie de modèle représentent le niveau moyen de NO<sub>2</sub> de chacune des mailles 1 km×1 km, pour chaque journée de l'année 1998. La valeur affectée à la maille est la valeur modélisée dans la première maille verticale, soit à une hauteur comparable à celle habituellement utilisée pour l'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air.

Dans le cadre du présent travail, nous avons utilisé les valeurs modélisées dans les 1848 mailles d'1 km×1 km couvrant le territoire de LMCU (figure 2.4) pour estimer la concentration moyenne annuelle pour chacun des IRIS. Cette estimation a été réalisée par la méthode de pondération par la surface : pour chaque IRIS, la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> a été estimée en calculant la moyenne des valeurs modélisées pour chacune des mailles ayant une intersection non vide avec l'IRIS, pondérée par la surface de l'intersection. Cette méthode suppose que la répartition de la population soit uniforme dans chacun des IRIS.

## 2.5 Analyse statistique

Nous avons analysé les variations de la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> selon le décile<sup>3</sup> de l'indice de Townsend des IRIS et ses différentes composantes. D'autre part, nous avons calculé le coefficient de corrélation entre la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> dans les IRIS et l'indice de Townsend et ses différentes composantes. La signification statistique de ce coefficient de corrélation a été analysée en prenant en compte l'au-

to-corrélation spatiale des variables étudiées, à l'aide du test proposé par Clifford et Richardson [42]. Enfin, nous avons utilisé les effectifs de population au recensement de 1999<sup>4</sup> pour estimer l'exposition de la population, et en particulier la proportion de population exposée à des niveaux moyens annuels supérieurs à 40 µg/m<sup>3</sup>, objectif de qualité précisé par le décret du 15 février 2002 [43] et correspondant aux recommandations de l'OMS [44]. L'ensemble du traitement, de l'analyse et de la représentation graphique des données a été réalisé dans l'environnement R [45].

---

<sup>3</sup>La distribution de chacune des variables étudiées a été représentée par 10 classes d'effectifs égaux, les *déciles*, soit environ 50 IRIS par classe.

<sup>4</sup>Nous avons fait l'hypothèse que les caractéristiques sociodémographiques des IRIS étaient identiques en 1998, année de référence pour la modélisation des concentrations de NO<sub>2</sub>, et en 1999, année du recensement et donc année de référence pour les données sociodémographiques concernant les IRIS.



## 3 Résultats

### 3.1 Caractéristiques socio-économiques des IRIS

Pour les quatre variables du recensement analysées, on observe de forts contrastes géographiques à l'échelle des IRIS. Ces contrastes opposent généralement les IRIS à forte densité de population du centre des grandes villes de la métropole, en particulier Lille et Roubaix, aux IRIS de la périphérie de la métropole. Mais les contrastes observés sont différents selon la variable considérée.

Le pourcentage de chômeurs parmi les actifs variait, au recensement de 1999, de 0 à 57 % selon l'IRIS (tableau 3.1). Les IRIS (figure 3.1) pour lesquels ce pourcentage était le plus élevé (supérieur au 95<sup>ème</sup> percentile soit 37,3 %) étaient situés dans Roubaix (Trois Ponts Nord, Alma, Hommelet, Cul de Four, Pile, Epeule, Entrepont-Cartigny, Hauts Champs, Sainte-Elizabeth), dans Lille (Strasbourg, Concorde, Belfort, Lopofa-Tudor, Croisette), dans Tourcoing (Schweitzer) et dans Hem (Longchamp).

Le pourcentage de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce variait de 0 à 49 % selon l'IRIS. Les IRIS (figure 3.2) avec le pourcentage le plus élevé étaient situés dans Lille (Strasbourg, Croisette, Belfort, Concorde, Balzac-Lazare Garreau, 400 maisons/Cimetière du Sud, Giraudoux, Magenta-Fombello), dans Roubaix (Alma, Trois ponts, Epeule, Hommelet, Pile, Cul de Four), dans Hem (Hauts Champs), dans Tourcoing (Colbert, Pont Rompu) et dans Mons-en-Barœul (Napoléon).

Le pourcentage de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire variait de 4,6 à 100,0 % selon l'IRIS. Les IRIS (figure 3.3) avec le pourcentage le plus élevé étaient situés dans Villeneuve d'Ascq (Gendarmerie), Lille (Centre, Concorde, Verhaeren, Belfort, Strasbourg, Croisette, Magenta-Fombello et 400 maisons/Cimetière du Sud), Mons-en-Barœul (Lamartine, Napoléon), Loos (Maison d'arrêt), Roubaix (Trois Ponts, Alma, Anseele), Villeneuve d'Ascq (Vétérans), Hem (Longchamp) et Wattrelos (Beaulieu).

Le pourcentage de ménages sans voiture variait de 0 à 87 % selon l'IRIS. Les IRIS (figure 3.4) avec le pourcentage le plus élevé étaient situés dans Lille (Centre, Belfort, Concorde, Sarrazins, Justice, Magenta-Fombello, Mairie, CHR, Strasbourg, Montebello, Faculté de Droit, Giraudoux, Lopofa-Tudor) et Roubaix (Trois ponts, Alma, Espérance).

L'indice de Townsend était en moyenne ( $\pm$ écart-type) de 1,1 ( $\pm$ 3,9) dans les IRIS de LMCU, et supérieur à la moyenne régionale : 0,0 ( $\pm$ 3,3). Il variait de -10 à plus de 12 selon l'IRIS (figure 3.5).

Les valeurs les plus élevées étaient observées dans des IRIS de Lille (Belfort, Concorde, Strasbourg, Croisette, Magenta-Fombello, Lopofa-Tudor, 400 maisons/Cimetière du sud, Giraudoux, Justice, Balzac-Lazare Garreau, Sarrazins), Roubaix (Alma, Trois ponts, Hauts champs, Epeule), Hem (Trois Fermes), Mons-en-Barœul (Lamartine) et Tourcoing (Schweitzer, Colbert).

Les IRIS les plus favorisés (valeur de l'indice de Townsend inférieure au 5<sup>ème</sup> percentile) étaient situés dans les communes d'Escobecques, Bondues, Erquinghem-le-Sec, Lambersart, Seclin, Villeneuve d'Ascq, Cappinghem, Ennetières-en-Weppes, Roncq, Chérenghem, Bouvines, Marcq-en-Barœul, Ronchin, Hem et Saint-André.

### 3.2 Concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub>

Les résultats de la modélisation des concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> dans les 1848 mailles couvrant le territoire de LMCU sont présentés sur la figure 3.6. La concentration variait de 18,6 à 53,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration moyenne ( $\pm$ écart-type) de ces 1848 mailles était égale à 28,3 ( $\pm$ 6,5)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

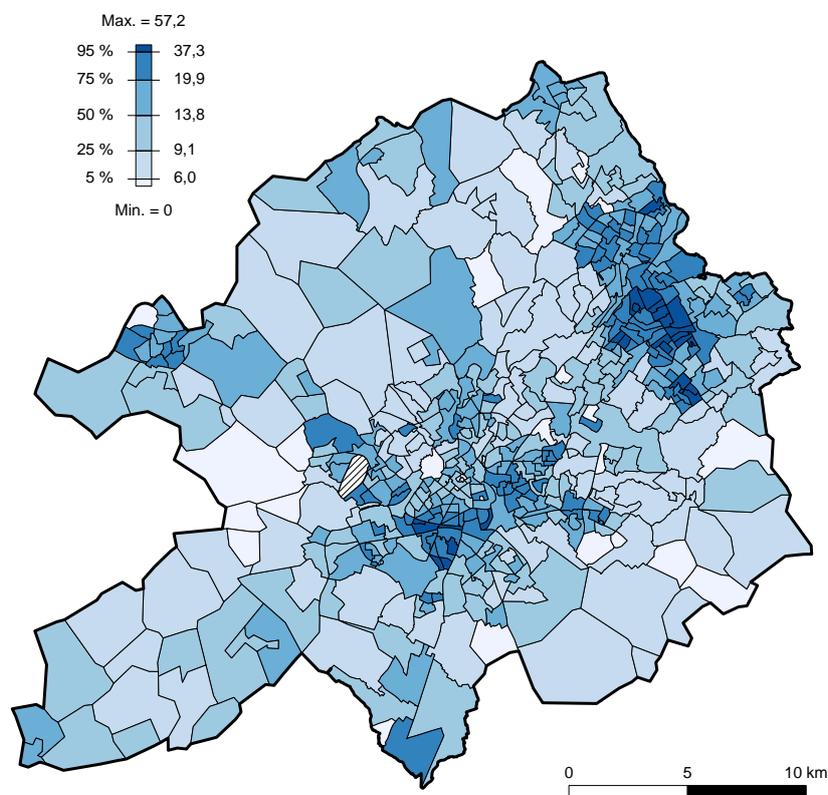
La concentration moyenne par IRIS (tableau 3.1 et figure 3.7) variait de 19,7 à 51,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub> était supérieure à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (objectif de qualité) dans 58 IRIS, soit 11,5 % des IRIS.

Ces IRIS étaient situés dans les communes de Lille (Belfort, Trévisse, Faculté de droit, Centre, Arsenal, Strasbourg, Caulier, Seclin, Balzac-Lazarre Garreau, Concorde, Baltique-Vieux Faubourg, Centre, Saint-Maurice/Briqueterie, Saint-Maurice-des-Champs, Magenta-Fombello, Verhaeren, Saint-Maurice/Saint-Gabriel, Arras, Petit Maroc, Montebello, Justice, Entrée Lille Fives), Ronchin (Cité Jardin, Champ du cerf, Petit Ronchin), Marcq-en-Barœul (Croisé Laroche, Quesne-Château rouge, Pont Courroy, Croisé Petite Hollande, Delcenserie), Villeneuve d'Ascq (Triolo, Hôtel de Ville, Château, Vétérans, Valmy, Près, Cousinerie, Poste, Croisure), Loos (Parc du Château, Mairie), Fâches Thumesnil (ZAC),

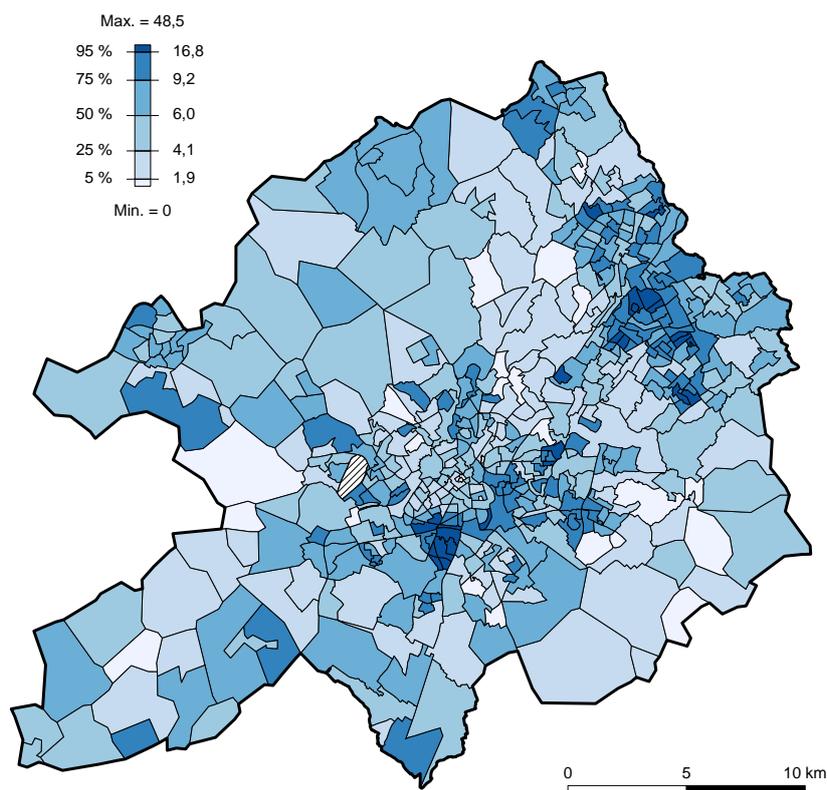
**Tableau 3.1 : Caractéristiques des IRIS**

	Moy. (écart-type)	Min.	P25	P50	P75	Max.
Population (habitants)	2165 (813)	0	1817	2165	2622	4493
Surface (km <sup>2</sup> )	1,2 (2,0)	0,0	0,2	0,4	1,0	13,7
Densité (habitants/km <sup>2</sup> )	5797 (4841)	0	1795	4723	8521	24465
% de chômeurs parmi les actifs	16,1 (9,6)	0,0	9,1	13,8	19,9	57,2
% de résidences occupées par plus d'une personne par pièce	7,4 (5,3)	0,0	4,1	6,0	9,2	48,5
% de résidences dont le ménage occupant n'est pas propriétaire	48,3 (25,8)	4,6	26,1	44,2	69,8	100,0
% de ménages sans voiture	25,2 (14,1)	0,0	14,5	24,2	33,6	87,0
Indice de Townsend	1,1 (3,9)	-10,1	-2,0	0,8	3,7	12,5
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	33,1 (5,9)	19,7	29,5	33,0	36,8	51,4

**Figure 3.1 : Pourcentage de chômeurs dans la population active par IRIS en 1999**



**Figure 3.2 : Pourcentage de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce par IRIS en 1999**



**Figure 3.3 : Pourcentage de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire par IRIS en 1999**

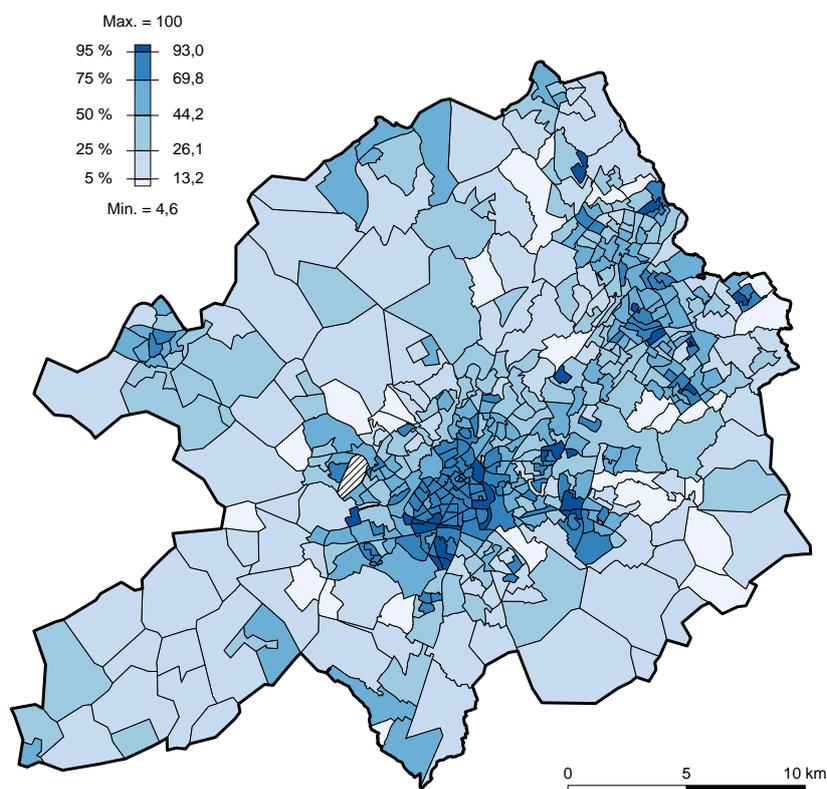


Figure 3.4 : Pourcentage de ménages sans voiture par IRIS en 1999

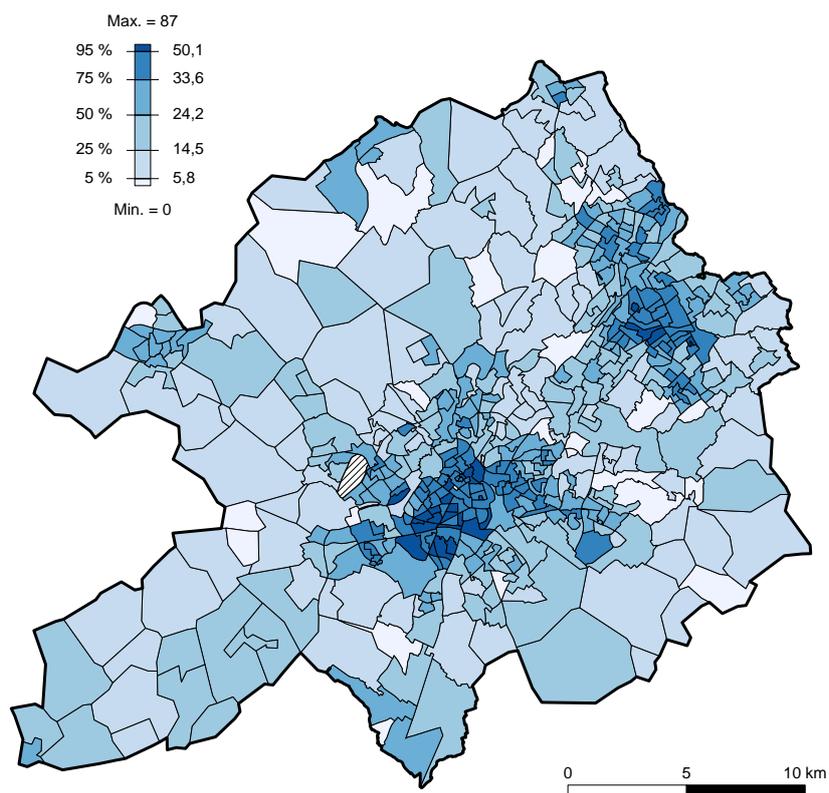


Figure 3.5 : Indice de défaveur sociale de Townsend par IRIS en 1999

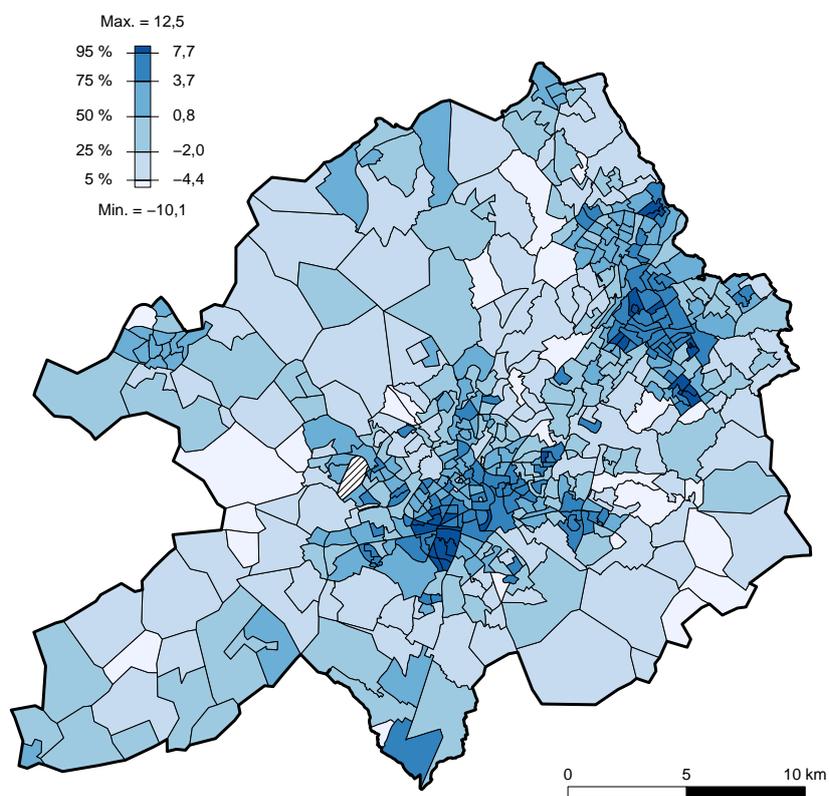


Figure 3.6 : NO<sub>2</sub> moyen annuel modélisé par maille en 1998

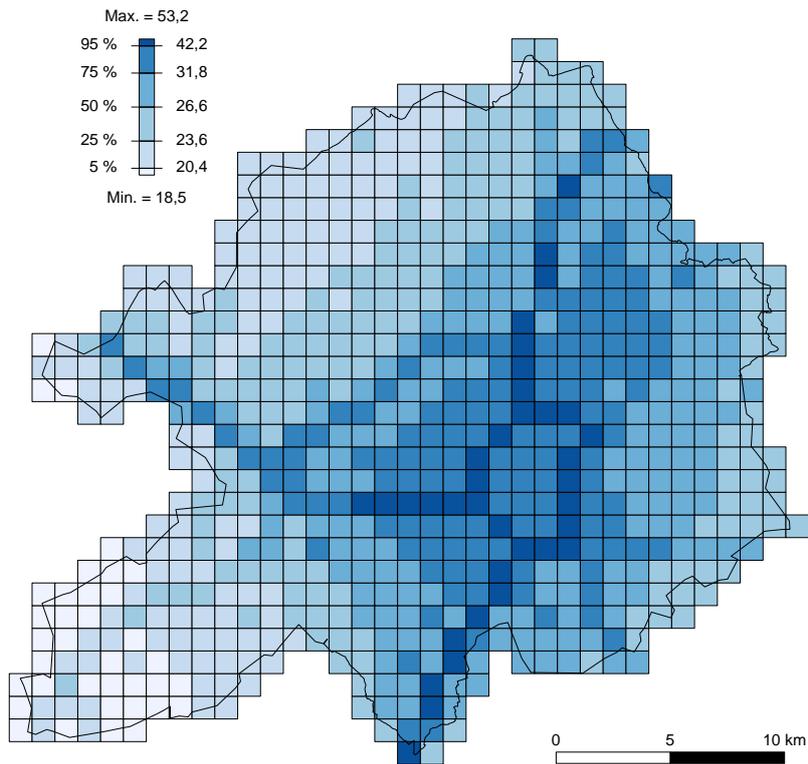
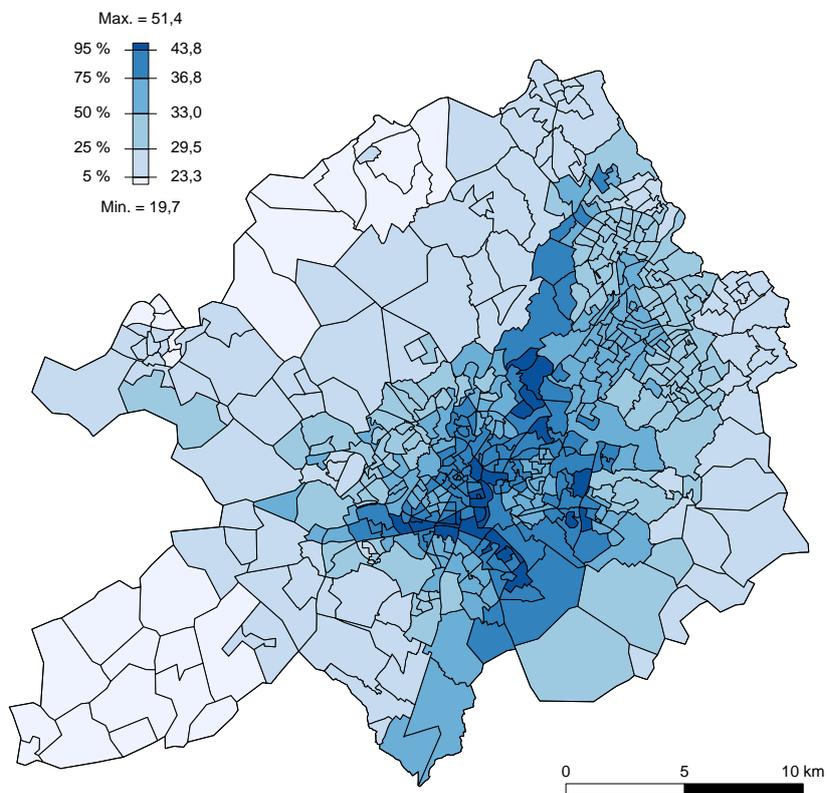


Figure 3.7 : NO<sub>2</sub> moyen annuel estimé par IRIS



Mons-en-Barœul (Le Barœul), Vendeville et Lesquin (Centre).

Cela témoigne nettement de l'impact du trafic routier des grandes voies de circulation (figure 2.3), bien visible sur les cartes de concentrations (figures 3.6 et 3.7).

A l'opposé, les concentrations les plus faibles (inférieures au 5<sup>ème</sup> percentile) étaient observées à l'ouest (Hantay, La Bassée, Marquillies, Salomé, Herlies, Sainghin-en-Weppes, Illies, Don et une partie de Wavrin et d'Armentières) et au nord (Warneton, Deulémont, Comines, Frelinghien, Wervicq-Sud) de l'agglomération.

### **3.3 Relations entre situation socio-économique des IRIS et concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>**

Les variations du niveau moyen de NO<sub>2</sub> dans les IRIS en fonction du décile de l'indice de Townsend et de chacune de ses composante sont présentées sur les figures 3.8 à 3.12, sous forme de graphiques en boîte à moustaches. Ces graphiques représentent la distribution des valeurs observées dans les différents IRIS de chaque décile sous forme d'une boîte délimitée par les 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> percentiles, qui comprend donc la moitié centrale de la distribution. La ligne bleu foncé au centre de la boîte représente la médiane de la distribution. Les moustaches délimitent une plage de valeurs représentant quatre fois l'étendue entre le 25<sup>ème</sup> et le 75<sup>ème</sup> percentiles. Les valeurs figurées sous forme de points en dehors des moustaches sont les valeurs extrêmes de la distribution.

Les variations selon le décile de la proportion de chômeurs (figure 3.8) ou de la proportion de rési-

dences occupées par plus d'une personne par pièce (figure 3.9) ne permettent pas d'observer de tendance particulière. La corrélation du niveau moyen de NO<sub>2</sub> avec ces deux variables, avec un coefficient de corrélation  $r$  égal à 0,16 et 0,14 (tableau 3.2) n'est d'ailleurs pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ).

Par contre, on observe une tendance croissante du niveau moyen de NO<sub>2</sub> avec le pourcentage de ménages non propriétaires ( $r=0,43$  et  $p=0,01$ , figure 3.10), avec le pourcentage de ménages sans voiture ( $r=0,39$  et  $p=0,01$ , figure 3.11) et avec l'indice de Townsend ( $r=0,31$  et  $p=0,006$ , figure 3.12). Le niveau médian des concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> variait ainsi de moins de 30 µg/m<sup>3</sup> dans le premier décile de l'indice de Townsend à plus de 34 µg/m<sup>3</sup> dans les trois déciles supérieurs ; ce qui représentait une différence d'environ 17 %.

### **3.4 Estimation de l'exposition de la population**

L'utilisation des données de population au recensement 1999 des IRIS nous a permis d'estimer la répartition des niveaux moyens annuels d'exposition dans la population et le niveau moyen d'exposition ( $\pm$ écart-type) au NO<sub>2</sub> des habitants de LMCU, qui était de 33,0 ( $\pm 5,8$ ) µg/m<sup>3</sup>.

Le niveau moyen annuel d'exposition estimé était supérieur à 40 µg/m<sup>3</sup> (objectif de qualité) pour 118 225 habitants ; soit 10,8 % de la population de LMCU (figure 3.13).

Le pourcentage d'habitants exposés à un niveau moyen annuel supérieur à l'objectif de qualité variait de façon significative ( $p < 10^{-3}$ , test de tendance) selon le décile de l'indice de Townsend. Ce pourcentage dépassait 20 % dans les deux déciles supérieurs (tableau 3.3).

Figure 3.8 : NO<sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de chômeurs dans la population active

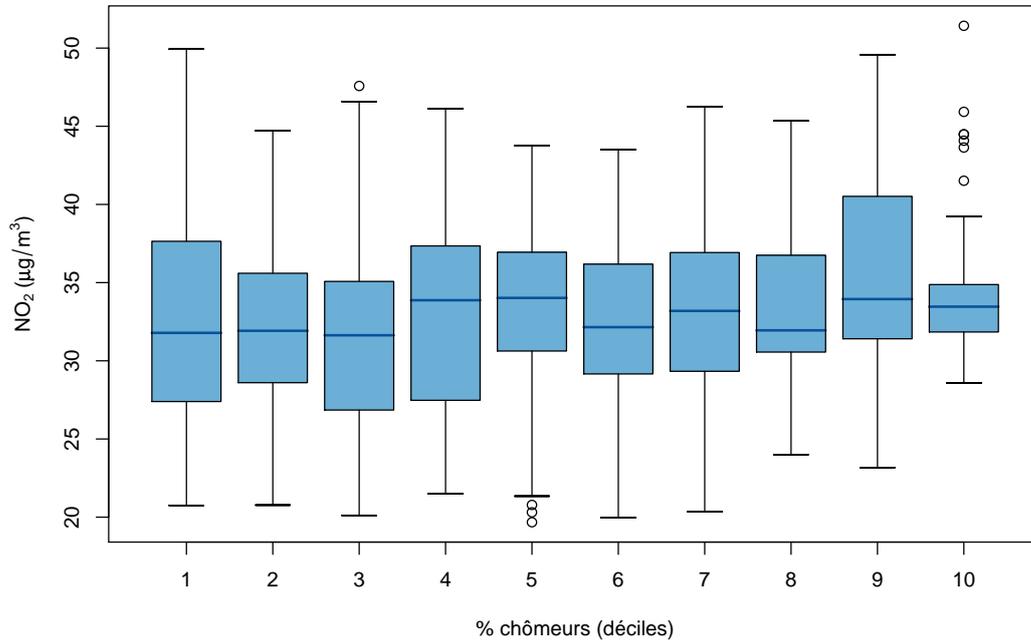
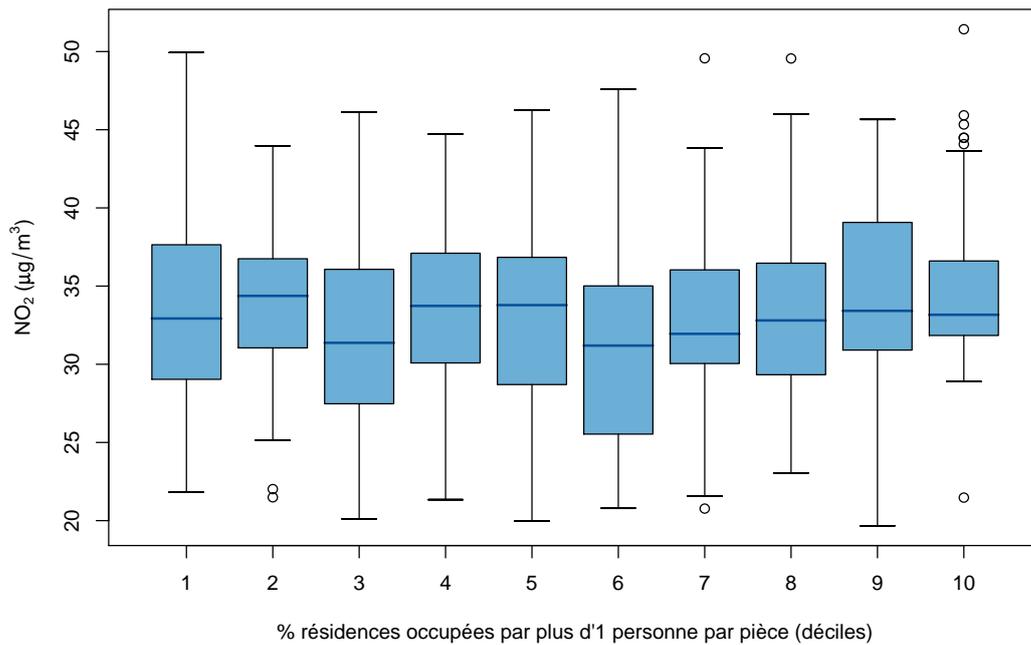
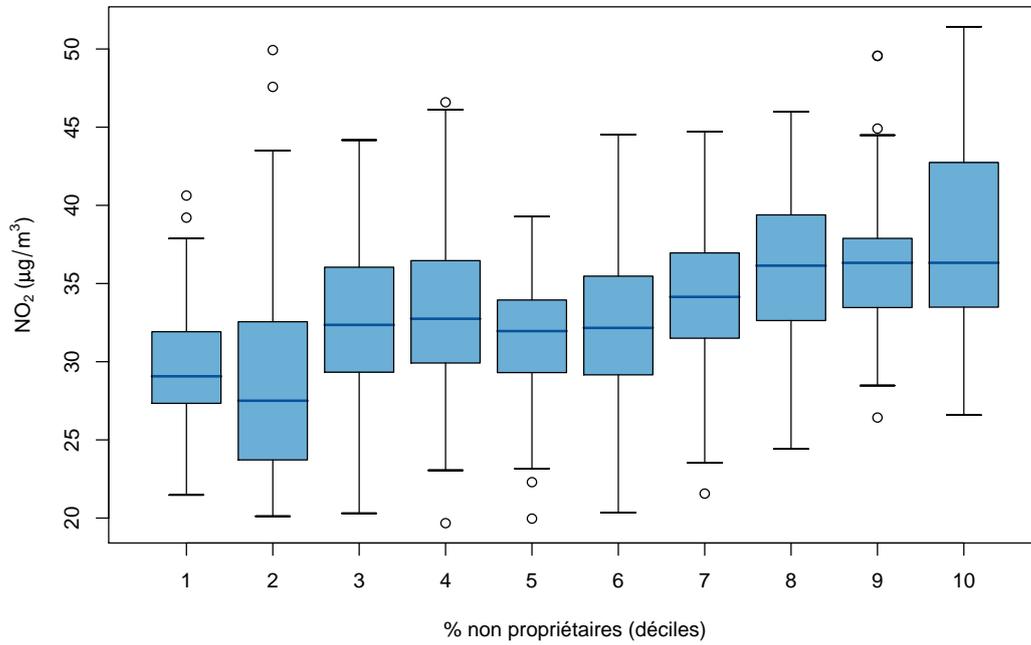


Figure 3.9 : NO<sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de résidences occupées par plus d'une personne par pièce



**Figure 3.10 : NO<sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de résidences dont le ménage occupant n'est pas propriétaire**



**Figure 3.11 : NO<sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de ménages sans voiture**

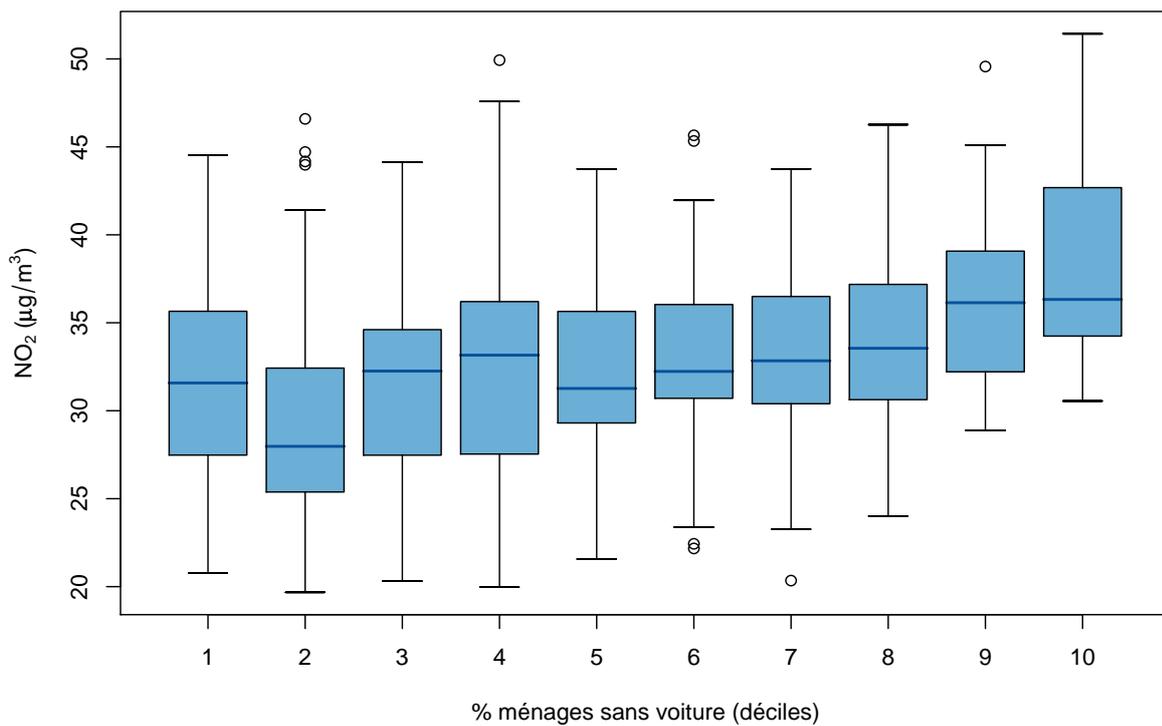


Figure 3.12 : NO<sub>2</sub> moyen annuel selon l'indice de Townsend

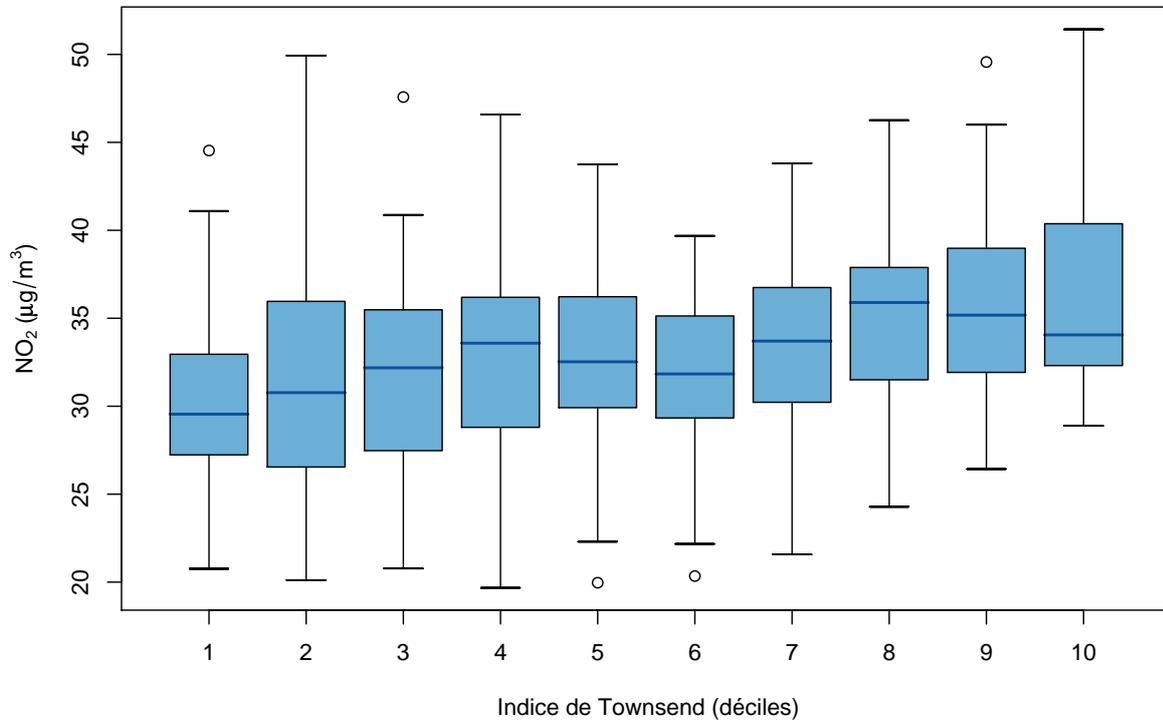


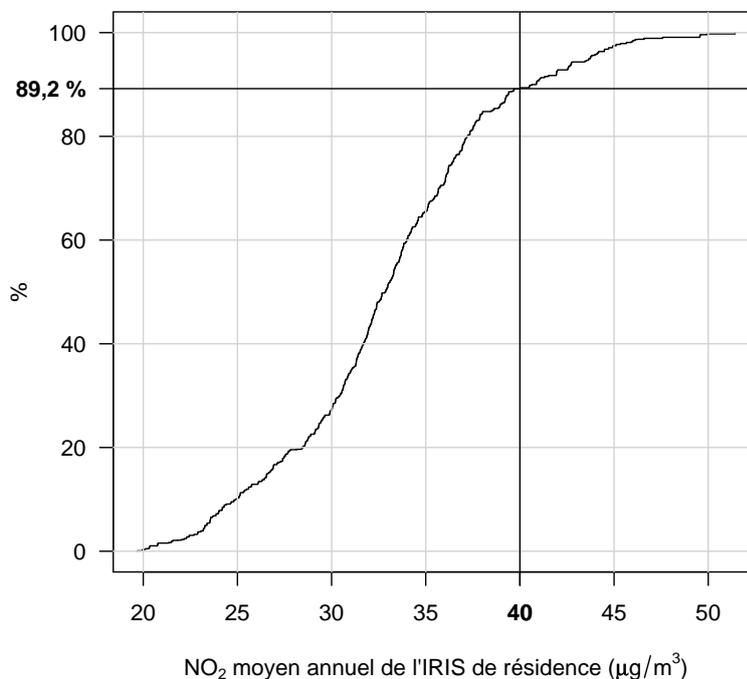
Tableau 3.2 : Corrélation entre le niveau moyen annuel de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) et l'indice de Townsend et chacune de ses composantes

Variable	r*	p**
% de chômeurs parmi les actifs	0,162	0,16
% de résidences occupées par plus d'une personne par pièce	0,138	0,06
% de résidences dont le ménage occupant n'est pas propriétaire	0,430	0,01
% de ménages sans voiture	0,389	0,01
Indice de Townsend	0,309	0,006

\*Coefficient de corrélation

\*\*Test de Clifford et Richardson [42]

**Figure 3.13 : Répartition cumulée du niveau d'exposition au NO<sub>2</sub> dans la population de LMCU**



Lecture du graphique : 89,2 % des habitants de LMCU sont estimés exposés à un niveau moyen annuel de NO<sub>2</sub> inférieur ou égal à 40 µg/m<sup>3</sup>, donc 100–89,2=10,8 % sont estimés exposés à un niveau supérieur à cette valeur.

**Tableau 3.3 : Nombre d'habitants exposés à un niveau moyen annuel de NO<sub>2</sub> supérieur à 40 µg/m<sup>3</sup> selon le décile de l'indice de Townsend de l'IRIS de résidence**

Indice de Townsend	Population	NO <sub>2</sub> > 40 µg/m <sup>3</sup> N (%)
–10,1 ; –3,52	79 585	2043 (2,6 %)
–3,52 ; –2,46	106 959	16 668 (15,6 %)
–2,46 ; –1,49	118 662	4 973 (4,2 %)
–1,49 ; –0,28	105 597	8 515 (8,1 %)
–0,28 ; +0,75	123 815	9 579 (7,7 %)
+0,76 ; +1,90	112 538	0 (0,0 %)
+1,90 ; +3,24	103 779	8 453 (8,1 %)
+3,24 ; +4,52	113 047	13 459 (11,9 %)
+4,52 ; +6,27	114 035	28 225 (24,8 %)
+6,27 ; +12,50	113 139	26 310 (23,3 %)
Ensemble	1 091 156	118 225 (10,8 %)

## 4 Discussion et conclusion

Nous avons utilisé les résultats d'une chaîne de modélisation complexe des concentrations de NO<sub>2</sub> ambiant sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine en 1998 et les données socio-démographiques du recensement de 1999 disponibles à l'échelle des IRIS pour étudier les relations entre situation sociale et qualité de l'air.

Nous avons pu observer une forte hétérogénéité des concentrations moyennes de NO<sub>2</sub>, de 20 à 50 µg/m<sup>3</sup> selon l'IRIS, qui témoignait de l'impact majeur du trafic routier sur certains quartiers de Lille, Ronchin, Marcq-en-Barœul et Villeneuve d'Ascq. D'autre part, la situation sociale des IRIS était également fortement contrastée entre des centres urbains denses marqués par une situation sociale défavorisée, en particulier dans certains quartiers de Lille et Roubaix et des communes péri-urbaines, dont la situation sociale était beaucoup plus favorable.

Nous avons pu observer une corrélation modérée ( $r=0,31$ ) mais significative entre l'indice de Townsend et le niveau moyen de NO<sub>2</sub> dans l'IRIS. Le pourcentage de population exposé à des niveaux moyens annuels de NO<sub>2</sub> supérieurs à l'objectif de qualité variait également de manière statistiquement significative selon le décile de l'indice de Townsend pour dépasser 20 % dans les IRIS les plus défavorisés.

Ces résultats sont comparables à ce qui a pu être observé dans des travaux réalisés en Grande-Bretagne [13-16] ou dans les pays scandinaves [17-19], qui montrent également une corrélation modérée mais significative entre indice de défaveur sociale et niveaux de polluants.

Le travail que nous avons réalisé est de nature avant tout descriptive et exploratoire. La résolution spatiale à laquelle les données sociodémographiques sont couramment disponibles est limitée à l'IRIS. L'échelle que nous avons retenue pour la modélisation des concentrations de NO<sub>2</sub> (mailles de 1 km×1 km) est cohérente avec celle des IRIS (surface moyenne de 1,2 km<sup>2</sup>). Elle limite cependant la portée de nos résultats car elle peut masquer une hétérogénéité à la fois dans les concentrations de polluants, par exemple en relation avec la proximité de la voirie, et dans la situation sociale [46]. Cela peut avoir conduit à sous-estimer les relations entre situation sociale et exposition au

NO<sub>2</sub> ambiant. Une analyse à une échelle spatiale plus fine, au domicile et/ou dans les lieux d'activité, ou mieux à une échelle individuelle [17-19] serait donc très utile.

En outre, l'exposition au NO<sub>2</sub> ici modélisée est celle de l'IRIS de résidence. Cela ne résume pas l'exposition individuelle, en raison en particulier des navettes quotidiennes entre le domicile et le travail. La mobilité de la population étant elle-même socialement déterminée, en particulier selon les moyens de déplacements disponibles pour les ménages, on voit l'intérêt qu'il y aurait à utiliser les données des enquêtes déplacements [47] pour mieux quantifier l'exposition de la population au NO<sub>2</sub>.

Enfin, les données analysées concernent l'année 1998, c'est-à-dire avant la mise en œuvre du Plan de déplacements urbains adopté en 2000 [48]. De plus, les premiers résultats de l'Enquête 2006 sur les déplacements des habitants de Lille Métropole Communauté Urbaine permettent de constater des évolutions par rapport à la précédente enquête de 1998 : une légère baisse des déplacements en voiture associée à une augmentation de la longueur des déplacements [47].

Les résultats du recensement publiés en 2007 permettent quant à eux de constater une augmentation de la population dans la couronne péri-urbaine, en relation avec les migrations résidentielles de ménages quittant les centres urbains pour s'installer à la périphérie [49]. Il serait donc souhaitable d'actualiser les données présentées, afin de pouvoir décrire l'impact de ces évolutions sur les concentrations de polluants et sur les inégalités sociales d'exposition.

Le type de méthodologie que nous avons mis en œuvre dans ce travail nous paraît ouvrir des perspectives prometteuses. Le partenariat dont il résulte devrait être poursuivi afin de prendre en compte les éléments que nous venons d'évoquer. Cela permettrait de mieux décrire l'exposition de la population à la pollution atmosphérique. La description des inégalités sociales d'exposition est en effet une étape nécessaire à la compréhension des processus à l'origine de ces inégalités, et à leur prise en compte dans les politiques publiques de prévention de la pollution atmosphérique, et plus largement dans l'aménagement urbain.



## Références

- [1] Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet* 2002; 360: 1233–42.
- [2] Stieb DM, Judek S, Burnett RT. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. *J Air Waste Manag Assoc* 2002; 52: 470–84.
- [3] Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, Pekkanen J, Wojtyniak B, Schindler C, Niciu E, Brunstein R, Fikfak MD, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Respir J* 2006; 27: 1129–1138.
- [4] Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000; 343: 1742–1749.
- [5] Le Tertre A, Quenel P, Eilstein D, Medina S, Prouvost H, Pascal L, Boumghar A, Saviuc P, Zeghnoun A, Filleul L, Declercq C, Cassadou S, Goaster LC. Short-term effects of air pollution on mortality in nine French cities: a quantitative summary. *Arch Environ Health* 2002; 57: 311–9.
- [6] Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753–1759.
- [7] Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669–674.
- [8] Brunekreef B. Health effects of air pollution observed in cohort studies in Europe. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17: S61–S65.
- [9] Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S, Moual NL, Cantagrel A, Annesi-Maesano I, Charpin D, Declercq C, Neukirch F, Paris C, Vervloet D, Brochard P, Tessier JF, Kauffmann F, Baldi I. Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. *Occup Environ Med* 2005; 62: 453–460.
- [10] Medina S, Plasencia A, Ballester F, Mucke HG, Schwartz J. APHEIS: public health impact of PM10 in 19 European cities. *J Epidemiol Community Health* 2004; 58: 831–836.
- [11] Jerrett M, Arain A, Kanaroglou P, Beckerman B, Potoglou D, Sahsuvaroglu T, Morrison J, Giovis C. A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2005; 15: 185–204.
- [12] Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Pope CA, Krewski D, Newbold KB, Thurston G, Shi Y, Finkelstein N, Calle EE, Thun MJ. Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology* 2005; 16: 727–736.
- [13] King K, Stedman J. *Analysis of air pollution and social deprivation*. Abingdon: AEA Technology; 2000.
- [14] ESRC Global Environmental Change Programme. *Environmental justice. Rights and means to a healthy environment for all*. Brighton: University of Sussex; 2001.
- [15] Walker G, Fairburn J, Smith G, Mitchell G. *Environmental quality and social deprivation*. Bristol: Environment Agency 2003.
- [16] Mitchell G, Dorling D. An environmental justice analysis of British air quality. *Environment and Planning A* 2003; 35: 909–929.
- [17] Stroh E, Oudin A, Gustafsson S, Pilesjö P, Harrie L, Strömberg U, Jakobsson K. Are associations between socio-economic characteristics and exposure to air pollution a question of study area size? An example from Scania, Sweden. *Int J Health Geogr* 2005; 4: 30.
- [18] Chaix B, Gustafsson S, Jerrett M, Kristersson H, Lithman T, Boalt A, Merlo J. Children's exposure to nitrogen dioxide in Sweden: investigating environmental injustice in an egalitarian country. *J Epidemiol Community Health* 2006; 60: 234–241.

- [19] Naess Ø, Piro F, Nafstad P, Smith GD, Leyland AH. Air pollution, social deprivation, and mortality: a multilevel cohort study. *Epidemiology* 2007; 18: 686–694.
- [20] Urban air pollution and health inequities: a workshop report. *Environ Health Perspect* 2001; 109 Suppl 3: 357–74.
- [21] O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi I, Levy JI, Cohen AJ, Gouveia N, Wilkinson P, Fletcher T, Cifuentes L, Schwartz J. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1861–70.
- [22] Laurent O, Bard D, Filleul L, Segala C. Effect of socioeconomic status on the relationship between atmospheric pollution and mortality. *J Epidemiol Community Health* 2007; 61: 665–675.
- [23] Goldberg M, Melchior M, Leclerc A, Lert F. Épidémiologie et déterminants sociaux des inégalités de santé. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2003; 51 : 381–401.
- [24] Bullard RD, Mohai P, Saha R, Wright B. *Toxic wastes and race at twenty, 1987-2007. Grassroots struggles to dismantle environmental racism in the United States*. United Church of Christ Justice and Witness Ministries; 2007.
- [25] Laigle L, Oehler V. *Les enjeux sociaux et environnementaux du développement urbain : la question des inégalités écologiques*. Paris : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment ; 2004.
- [26] Diebolt W, Helias A, Bidou D, Crepey G. *Les inégalités écologiques en milieu urbain. Rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement*. Paris : La Documentation Française ; 2005.
- [27] Les inégalités environnementales. In : *Rapport sur l'état de l'environnement en France—Edition 2006*. Orléans : Institut Français de l'Environnement ; 2006 : 419–430.
- [28] Charles L, Emelianoff C, Ghorra-Robin C, Roussel I, Roussel FX, Scarwell H. Les multiples facettes des inégalités écologiques. *Développement Durable et Territoire* 2007 ; Dossier 9. <http://developpementdurable.revues.org/document3892.html>. Consulté le 15 novembre 2007.
- [29] Lagache R, Declercq C, Sportisse B, Quélo D, Palmier P, Quételard B, Hasiak F. Estimating the health impact of the Lille urban mobility plan. 2<sup>nd</sup> Environment & Transport Conference, Reims, June 12-14, 2006.
- [30] Declercq C, Lagache R, Prouvost H, Quélo D, Sportisse B, Palmier P, Quételard B, Hasiak F. Predicted impacts on traffic, air quality and mortality of the urban mobility plan in the Lille Métropole urban community. 15<sup>th</sup> IUAPPA regional conference, Lille, September 6-8, 2006.
- [31] *Repères 2003. Les habitants de Lille Métropole*. Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole 2003.
- [32] Carstairs V. Socio-economic factors at areal level and their relations with health. In: Elliott P, Wakefield J, Best N, Briggs D, eds. *Spatial epidemiology. Methods and applications*. Oxford: Oxford University Press 2000; 51–67.
- [33] Townsend P. Deprivation. *Journal of Social Policy* 1987; 16: 125–146.
- [34] *The EMME/2 transportation planning software. Modelling and analysis features*. Montréal: INRO, 2005.
- [35] Kouridis C, Ntziachristos L, Samaras Z. *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport—User manual*. Copenhagen: European Environment Agency; 2000.
- [36] Bourdeau B. *Évolution du parc automobile français entre 1970 et 2020* [Thèse de doctorat]. Chambéry : Université de Savoie ; 1998.
- [37] *EMEP/CORINAIR emission inventory guide book—2004*. Copenhagen: European Environment Agency; 2004.
- [38] Mallet V, Quélo D, Sportisse B, de Biasi MA, Debry , Korsakissok I, Wu L, Roustan Y, Sartelet K, Tombette M, Foudhil H. Technical Note: The air quality modeling system Polyphemus. *Atmos Chem Phys* 2007; 7: 7, 5479–5487.
- [39] Boutahar J, Lacour S, Mallet V, Quélo D, Roustan Y, Sportisse B. Development and validation of a fully modular platform for numerical modelling of air pollution: POLAIR. *Int J Env Pollution* 2004; 22: 17–28.
- [40] Horowitz LW, Walters S, Mauzerall DL, Emmons LK, Rasch PJ, Granier C, Tie X, Lamarque JF, Schultz MG, Tyndall GS, Orlando JJ, Brasseur GP. A global simulation of tropospheric ozone and related tracers: description and evaluation of MOZART, version 2. *J Geophys Res* 2003; 108: 4784.

- [41] Chin M, Rood RB, Lin SJ, Müller JF, Thompson AM. Atmospheric sulfur cycle simulated in the global model GOCART: Model description and global properties. *J Geophys Res* 200; 105: 24671–24688.
- [42] Clifford P, Richardson S, Hémon D. Assessing the significance of the correlation between two spatial processes. *Biometrics* 1989; 45: 123–134.
- [43] Décret n° 2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- [44] World Health Organization. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment.* Geneva: World Health Organization; 2006.
- [45] R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing.* Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2007.
- [46] Krieger N, Chen JT, Waterman PD, Soobader MJ, Subramanian SV, Carson R. Choosing area based socioeconomic measures to monitor social inequalities in low birth weight and childhood lead poisoning: The Public Health Disparities Geocoding Project (US). *J Epidemiol Community Health* 2003; 57: 186–199.
- [47] *Enquête sur les déplacements des habitants de Lille Métropole. Premiers résultats.* Lille : Lille Métropole Communauté Urbaine 2006.
- [48] *Le plan de déplacement urbains.* Lille : Lille Métropole Communauté Urbaine 2000.
- [49] Degorre A. Enquêtes annuelles de recensement : une image renouvelée du peuplement régional. *Pages de Profils* 2007 ; (16) : 1–6.



## Liste des tableaux

3.1	Caractéristiques des IRIS . . . . .	14
3.2	Corrélation entre le niveau moyen annuel de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) et l'indice de Townsend et chacune de ses composantes . . . . .	21
3.3	Nombre d'habitants exposés à un niveau moyen annuel de NO <sub>2</sub> supérieur à 40 µg/m <sup>3</sup> selon le décile de l'indice de Townsend de l'IRIS de résidence . . . . .	22



## Table des figures

2.1	Communes et IRIS de Lille Métropole Communauté Urbaine . . . . .	8
2.2	Densité de population par IRIS en 1999 . . . . .	9
2.3	Principales voies de circulation de Lille Métropole Communauté Urbaine . . . . .	9
2.4	Maillage du modèle et contours des IRIS . . . . .	10
3.1	Pourcentage de chômeurs dans la population active par IRIS en 1999 . . . . .	14
3.2	Pourcentage de résidences principales occupées par plus d'une personne par pièce par IRIS en 1999	15
3.3	Pourcentage de résidences principales dont le ménage occupant n'est pas propriétaire par IRIS en 1999 . . . . .	15
3.4	Pourcentage de ménages sans voiture par IRIS en 1999 . . . . .	16
3.5	Indice de défaveur sociale de Townsend par IRIS en 1999 . . . . .	16
3.6	NO <sub>2</sub> moyen annuel modélisé par maille en 1998 . . . . .	17
3.7	NO <sub>2</sub> moyen annuel estimé par IRIS . . . . .	17
3.8	NO <sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de chômeurs dans la population active . . . . .	19
3.9	NO <sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de résidences occupées par plus d'une personne par pièce	19
3.10	NO <sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de résidences dont le ménage occupant n'est pas propriétaire	20
3.11	NO <sub>2</sub> moyen annuel selon le pourcentage de ménages sans voiture . . . . .	20
3.12	NO <sub>2</sub> moyen annuel selon l'indice de Townsend . . . . .	21
3.13	Répartition cumulée du niveau d'exposition au NO <sub>2</sub> dans la population de LMCU . . . . .	22





Observatoire Régional de la Santé Nord - Pas-de-Calais

235, avenue de la recherche  
B.P. 86 59373 LOOS CEDEX

Tél : +33 (0)3 20 15 49 20

Fax : +33 (0)3 20 15 10 46

<http://www.orsnpdc.org>



L'ORS est membre du GIE  
Groupement Régional de Promotion de la Santé



Décembre 2007