



**HAL**  
open science

## Les inégalités de santé respiratoire entre villes : une approche géographique

Christina Aschan-Leygonie, Sophie Baudet-Michel, Hélène Mathian, Lena Sanders

### ► To cite this version:

Christina Aschan-Leygonie, Sophie Baudet-Michel, Hélène Mathian, Lena Sanders. Les inégalités de santé respiratoire entre villes : une approche géographique. *Environnement, Risques & Santé*, 2013, 12 (2), pp.118-128. 10.1684/ers.2013.0600 . hal-00865860

**HAL Id: hal-00865860**

**<https://hal.science/hal-00865860v1>**

Submitted on 25 Sep 2013

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

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



L'essentiel de l'information  
scientifique et médicale

[www.jle.com](http://www.jle.com)

**Le sommaire de ce numéro**

[http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante\\_pub/ers/sommaire.md?type=text.html](http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante_pub/ers/sommaire.md?type=text.html)

# Environnement & Risques Santé ERS

Volume 12 – numéro 2 • mars-avril 2013

Diesel : du consensus aux controverses

Inégalités de santé respiratoire entre villes :  
une approche géographique

Données sur les activités domestiques  
à des fins d'évaluation des risques

Infections respiratoires aiguës basses  
et météo au Bénin

Le césium 137 : un perturbateur  
de la fonction physiologique ?

Le chat : sentinelle des facteurs  
environnementaux de perturbation endocrinienne



[www.jle.com](http://www.jle.com)

ISSN 1635-9421



**Montrouge, le 02/05/2013**

Christina Aschan-Leygonie

**Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article au format électronique (pdf) :**  
Les inégalités de santé respiratoire entre villes : une approche géographique

**paru dans**

Environnement, Risques & Santé, 2013, Volume 12, Numéro 2

**John Libbey Eurotext**

*Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.*

*Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.*

© John Libbey Eurotext, 2013

## Les inégalités de santé respiratoire entre villes : une approche géographique

CHRISTINA ASCHAN-LEYGONIE<sup>1</sup>  
SOPHIE BAUDET-MICHEL<sup>2</sup>  
HÉLÈNE MATHIAN<sup>2</sup>  
LENA SANDERS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Lyon  
Faculté GHAT  
UMR « environnement  
ville société »  
5, avenue Pierre-Mendès-  
France  
69676 Bron cedex  
France  
<christina.aschan@univ-  
lyon2.fr>

<sup>2</sup> Universités Paris I, Paris  
VII  
UMR « géographie-cités »  
CNRS  
13, rue du Four  
75006 Paris  
France  
<sophie.baudet-michel@u-  
niv-paris-diderot.fr>  
<mathian@parisgeo.cnrs.  
fr>  
<lana.sanders@parisgeo.  
cnrs.fr>

**Tirés à part :**  
C. Aschan-Leygonie

Article reçu le 10 avril 2012,  
accepté le 1<sup>er</sup> octobre 2012

**Résumé.** *Contexte :* de nombreuses études s'intéressent aux inégalités spatiales de santé à différentes échelles, mais peu comparent les situations de santé entre villes. On interroge ici l'existence de relations entre, d'une part, les différences de santé respiratoire entre les villes et, d'autre part, les différences de profils socio-économiques et environnementaux de ces villes, ainsi que leur inscription dans différents contextes régionaux et intra-urbains. L'analyse porte sur les 55 plus grandes villes françaises. *Méthode :* les données utilisées pour appréhender la santé concernent les hospitalisations en 2008 pour bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), les hospitalisations pour toutes causes servant de référence. Des indicateurs socio-économiques (taux de diplômés de l'enseignement supérieur, taux de chômage...) sont complétés par des indicateurs décrivant le milieu physique (températures, humidité, pollens, concentrations de polluants [NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub>]). Les inégalités et la ségrégation intra-urbaines sont appréhendées à travers différents indicateurs. Des analyses statistiques bi- et multivariées sont mobilisées pour analyser les données. *Résultats :* les analyses bivariées montrent que la plupart des indicateurs caractérisant l'organisation sociale des villes et quelques indicateurs environnementaux sont fortement corrélés au taux d'hospitalisation pour BPCO. À l'échelle interurbaine, la pollution de l'air présente une relation non linéaire avec les taux de BPCO. Le modèle de régression multiple BPCO combine des variables explicatives environnementales et socio-économiques des différents niveaux géographiques : taux de chômage à l'échelle de la région, indicateur climatique à l'échelle de la ville et enfin des indicateurs de la ségrégation intra-urbaine. En revanche, le niveau de pollution n'est plus significatif « toutes choses égales par ailleurs ». *Conclusion :* grâce à la prise en compte des variables à différents niveaux géographiques, ce travail exploratoire apporte un éclairage nouveau sur les relations entre les situations de santé respiratoire des villes et leurs dimensions environnementales et socio-économiques.

**Mots clés :** BPCO ; environnement social ; inégalités spatiales de l'état sanitaire ; pollution atmosphérique ; santé dans les villes.

### Abstract

#### **Respiratory health inequalities between cities: A geographical approach**

Background: Numerous studies have investigated spatial inequalities in health at a variety of scales, but only a few publications have compared the health status of different cities to examine the relations between these inequalities and the cities' social, economic, and physical environment. Our aim was to identify the relations between inter-city differences in respiratory health and the regional context and urban features of each city. This paper focuses on respiratory health disparities among the 55 largest French cities. Methods: Respiratory health was defined by hospitalization for COPD (chronic obstructive pulmonary disease) in 2008, and hospitalizations for all causes served as a comparative indicator. Socioeconomic dimensions were described by standard indicators including unemployment rates by age group and percentages of adults who did not complete high school. The physical environments were characterized by altitude, temperatures,

Pour citer cet article : Aschan-Leygonie C, Baudet-Michel S, Mathian H, Sanders L. Les inégalités de santé respiratoire entre villes : une approche géographique. *Environ Risque Sante* 2013 ; 12 : 118-28. doi : 10.1684/ers.2013.0600

doi : 10.1684/ers.2013.0600

*humidity, pollens and air pollution concentrations (nitrogen dioxide, ozone and particulate matter). Residential intraurban inequality indicators such as concentration indexes were also used. Bivariate methods and multiple regression models were used for data analysis. Results: Bivariate analyses showed that city COPD rates were highly correlated with most socioeconomic and some environmental indicators. Pollution was related to COPD, but not linearly. The multiple COPD regression models systematically combined socioeconomic and environmental indicators from different geographical levels: an unemployment indicator at the regional level, a climate indicator at the urban level, and intraurban residential segregation indicators. The air pollution indicators no longer appeared as explanatory variables. Conclusion: In this exploratory work, the introduction of variables at different geographic levels sheds new light on the relations between respiratory health status and environmental and socioeconomic factors.*

**Key words:** *air pollution; COPD; social environment; spatial health status disparities; urban health.*

Les géographes de la santé s'intéressent aux disparités de santé entre les lieux (quartiers, villes, régions, pays). En France, par exemple, des régions au profil sociosanitaire plus favorable dans l'Ouest et le Sud-Est, moins favorable dans le Nord et l'Est ont ainsi été identifiées [1-3] et Salem *et al.* [3] ont montré que les inégalités spatiales de santé sont liées à une accumulation de facteurs défavorables dans certains espaces (pauvreté, environnement dégradé, faible accès aux soins) ou/et à des comportements à risque relevant de pratiques culturelles et sociales. Rican *et al.* [4] ont mis en évidence l'existence d'une forte composante régionale dans la mortalité telle que deux villes de taille et de fonction différentes, mais localisées dans une même région, présentent des niveaux de mortalité plus proches que ceux de villes de taille et de fonction équivalentes, mais appartenant à deux régions différentes.

Cet article porte sur les inégalités interurbaines en matière de santé respiratoire et s'inspire à la fois des travaux des géographes de la santé et des approches de l'épidémiologie. Les villes sont des objets hétérogènes dans la mesure où elles sont composées de quartiers et de populations divers en termes de caractéristiques fonctionnelles, sociales et économiques. Cette hétérogénéité interne des villes est l'expression de complémentarités qui sont l'essence même des villes. Elles constituent, de ce fait, un ensemble d'objets spatiaux cohérents, chacun doté d'une unité morphologique et fonctionnelle, pertinents pour étudier la diversité interurbaine des situations<sup>1</sup> respiratoires. L'objectif est de mettre en relation les différences entre les villes en matière de santé respiratoire avec celles qui sont induites par les facteurs sociaux, environnementaux, et d'offre de soins. L'originalité de

notre approche repose sur l'exploration de ces relations au niveau de la ville, tout en intégrant des effets d'autres niveaux géographiques.

## La prise en compte de l'espace dans les recherches sur la santé

L'étude des relations entre les caractéristiques de l'espace et la santé, au niveau individuel ou au niveau agrégé des territoires, donne lieu à de nombreux travaux et débats [5-7] entre épidémiologistes, sociologues et géographes. On peut distinguer deux perspectives principales : l'une<sup>2</sup> cherche à identifier les effets des caractéristiques de l'espace sur la santé des habitants [8, 9], l'autre<sup>3</sup> à mettre en relation les différences de santé entre les lieux avec les autres caractéristiques de ces lieux [4]. Dans la première famille d'approches, de nombreux travaux cherchent à expliquer les différences de santé *entre individus*, en mobilisant des modèles multiniveaux combinant des facteurs relevant du niveau individuel (âge, sexe, catégorie socioprofessionnelle) et du niveau du quartier (déprivation, aménités, accessibilité). Les auteurs distinguent les effets de composition tenant à la sur- ou sous-représentation d'individus (selon leur âge, catégorie sociale) aux profils sanitaires spécifiques et les effets dits de contexte référant aux différents types d'opportunités qu'offre le lieu de résidence (environnement physique, espaces publics, services, culture) [5, 6, 10, 11].

Une seconde famille de travaux porte l'attention sur les inégalités de santé entre lieux [4, 8, 12-15] et ne mobilise pas d'information au niveau individuel. L'analyse est alors centrée sur les entités spatiales et on peut

<sup>1</sup> Nous reprenons ici l'expression « situation de santé respiratoire » ou « état de santé respiratoire », utilisée par Rican *et al.* [12] pour exprimer l'idée d'un lien entre milieu urbain et santé respiratoire de la population.

<sup>2</sup> Plutôt le fait des épidémiologistes.

<sup>3</sup> Plutôt l'approche des géographes.

distinguer ces études écologiques suivant le nombre de niveaux géographiques mobilisés :

- les études écologiques classiques interrogent les différences spatiales à un seul niveau d'observation. Ben-Schlomo *et al.* [13] ont, par exemple, montré que les taux de mortalité, appréhendés au niveau des « wards » et des « local authorities »<sup>4</sup> en Angleterre, sont associés au niveau de déprivation. À l'échelle des « small areas »<sup>5</sup> de New York, Coburn *et al.* [15] ont mis en évidence les effets négatifs de l'environnement physique (atmosphère, pollution du sol) et de la qualité des logements sur les taux d'hospitalisation pour asthme des enfants ;
- d'autres études combinent des observations relevant de plusieurs niveaux géographiques pour expliquer les différences de santé entre entités observées. Certains intègrent un niveau géographique supérieur : Congdon *et al.* [14], étudiant les différences de santé entre les wards en Angleterre et au Pays de Galles, ont ainsi montré des différences entre wards aux profils socio-économiques similaires mais situées dans des districts différents. D'autres intègrent un niveau géographique inférieur : tel est le cas des travaux [8, 9] s'intéressant à la manière dont la ségrégation résidentielle à l'intérieur d'une ville influe sur les inégalités de santé entre les villes. Lors d'une étude sur la mortalité cardiovasculaire dans 47 villes américaines, Cooper [8] montre qu'indépendamment du niveau de revenu moyen dans la ville une forte ségrégation résidentielle est associée à des taux de décès plus élevés.

## Objectifs et hypothèses

L'objectif de l'étude est d'explorer les différences interurbaines de santé respiratoire dans l'ensemble des 55 villes françaises de plus de 100 000 habitants. Il s'agit de décrire les différences de santé entre les villes, en rendant compte de leur ampleur et de leur répartition géographique, et d'identifier les combinaisons de facteurs socio-économiques et environnementaux associées à ces différences. Rican *et al.* [12] montrent que les différences de santé respiratoire entre les villes tiennent plus de leur différence de spécialisation socio-économique et de leur appartenance régionale que de leur différence de taille. Il s'agit ici de prolonger leurs travaux en interrogeant également la composante environnementale des milieux urbains. Nous avons retenu une pathologie, les bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO), dont il a été démontré qu'elle est sensible à l'atmosphère urbaine.

<sup>4</sup> Les « wards » (8 464) constituent les découpages électoraux et administratifs de base pour les élections locales. Les « local authorities » (369) sont les structures de gouvernement local.

<sup>5</sup> « Small areas » : les plus petits découpages statistiques disponibles aux États-Unis. C'est l'équivalent des IRIS (voir note 13), des quartiers.

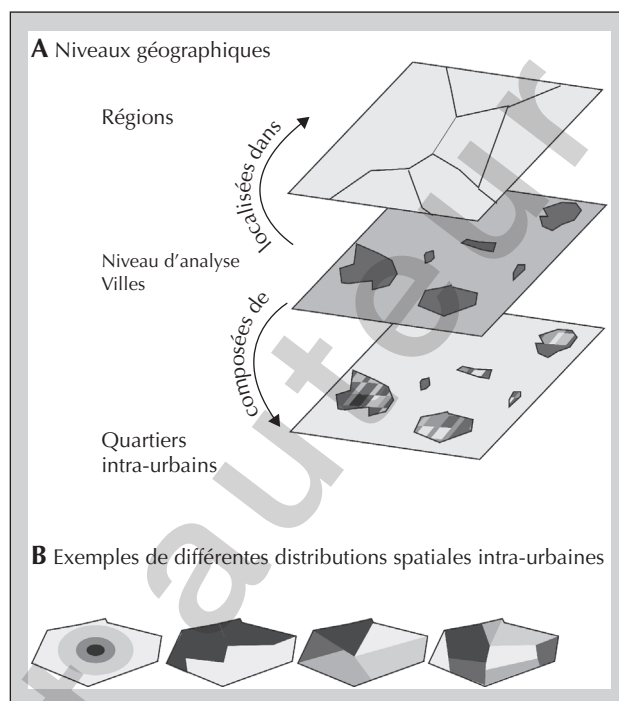


Figure 1. A et B) Niveaux géographiques et exemples de distributions spatiales intra-urbaines.

Figure 1. A and B) Geographic levels and examples of intra-urban spatial distributions.

Notre position est que l'on gagnera une meilleure compréhension des inégalités interurbaines en appréhendant les facteurs socio-économiques et environnementaux à plusieurs niveaux géographiques (figure 1A) :

- au niveau des villes auquel seront considérées des variables démographiques, socio-économiques, d'infrastructures de santé et environnementales ;
- à un niveau géographique supérieur que l'on qualifiera de régional : il permet de prendre en compte l'effet des situations économiques et sociales et des caractéristiques climatiques qui s'organisent à ces échelles régionales (régions administratives, grandes régions climatiques, zones aérobiologiques). Il s'agira d'explorer si deux villes similaires sur les plans socio-économiques et physiques, mais situées dans deux régions aux caractéristiques différentes, présentent des situations sanitaires différentes ;
- au niveau intra-urbain qui permet de prendre en compte le rôle que joue la ségrégation spatiale de différentes catégories de population au sein de la ville. Il s'agira de tester si deux villes similaires, plongées dans deux régions semblables, mais où la ségrégation résidentielle est différente, présentent des situations de santé respiratoire différentes.

La ségrégation socio-spatiale de l'espace urbain a tendance à situer dans des lieux géométriquement opposés les populations favorisées et défavorisées, tandis qu'entre ces deux pôles géographiques de la ville

s'organise un continuum plus hétérogène. La *figure 1B* illustre ces modes de répartition des populations dans l'espace intra-urbain ; on retrouve fréquemment ces répartitions d'une ville à l'autre<sup>6</sup>.

## Données et méthodes

Les délimitations des unités urbaines<sup>7</sup> ont été retenues pour caractériser les villes ; elles englobent à la fois les centres et les banlieues. Les 55 plus grandes unités urbaines ont été retenues car c'est dans ces villes que sont localisés les réseaux de stations de surveillance de la pollution atmosphérique.

Les données mobilisées pour décrire les situations de santé respiratoire des villes sont issues du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)<sup>8</sup>, pour l'année 2008. Le choix s'est porté sur les BPCO<sup>9</sup>, pathologie sensible à la pollution atmosphérique [16, 17]. On a adopté la méthode de Fuhrman et Delmas pour sélectionner les diagnostics pertinents<sup>10</sup> [18]. Les hospitalisations sont une mesure incomplète mais révélatrice de la morbidité d'une population [1] et constituent un *proxy* pertinent de la situation sanitaire d'une ville. Les hôpitaux représentent, en effet, une offre de soin également accessible pour les populations des 55 villes

<sup>6</sup> Chaque nuance de gris représente l'intensité de la présence d'un type de population : la nuance la plus foncée leur sur-représentation, la nuance claire leur sous-représentation. Il peut s'agir, par exemple, des populations les plus diplômées. En se « réservant » certains espaces les différentes catégories de populations différencient, voire ségrégent, la ville. Cette ségrégation oppose différents espaces dans la ville : le centre à la périphérie dans le premier cas, le nord au sud dans le deuxième cas, différents secteurs dans le troisième cas, tandis que dans le quatrième cas, les oppositions s'organisent suivant une mosaïque.

<sup>7</sup> On appelle « unité urbaine » (UU) une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 m entre les constructions) qui compte au moins 2 000 habitants. Source : Insee, août 2012.

<sup>8</sup> Le PMSI (source : Agence technique de l'information hospitalière) rassemble des informations sur toutes les hospitalisations dans des établissements privés et publics. Pour chacune sont connus l'âge, le sexe, la date d'hospitalisation, le lieu de résidence, le mode d'entrée et de sortie du patient, ainsi que les diagnostics associés à son hospitalisation.

<sup>9</sup> La prévalence de cette pathologie est estimée à 7 % ; 16 500 certificats de décès mentionnent les BPCO, dont 7 400 pour cause initiale [18].

<sup>10</sup> Diagnostic principal et associé de BPCO ou d'emphysème (j43, j44) ou diagnostic associé : maladie pulmonaire obstructive chronique avec infection aiguë des voies respiratoires ou avec épisode aigu non précisé (j44,0 ; j44,1). Soit 286 274 diagnostics de BPCO en 2008, dont 170 718 pour les hommes en France ; 112 135 hospitalisations pour les hommes de moins de 15 ans et de plus de 65 ans, dont 44 344 dans les 55 villes.

considérées. Plusieurs indicateurs centrés sur les populations les plus vulnérables eu égard à l'âge (moins de 15 ans et plus de 65 ans) ont été construits et testés (taux par âge, indicateurs standardisés par âge et sexe). L'indicateur commenté ici est celui des taux d'hospitalisations pour BPCO des hommes de 71 à 75 ans, le nombre d'hospitalisations par ville étant rapporté à la population des hommes de la même classe d'âge. Afin de disposer d'une référence qui permette de mettre en évidence la spécificité des BPCO, les taux d'hospitalisations des hommes de 71 à 75 ans, toutes causes étant confondues (TCC)<sup>11</sup>, ont aussi été examinés.

Une revue de la littérature nous a conduites à construire et tester des indicateurs socio-économiques, environnementaux, et d'équipement en services (*tableau 1*) qui puissent être des candidats pour rendre compte des différences interurbaines en matière de santé respiratoire. Chacune des dimensions est appréhendée à un ou plusieurs des trois niveaux géographiques considérés. Des indicateurs de pollution atmosphérique ont été créés pour trois polluants<sup>12</sup>, en utilisant deux méthodes : l'une repose sur la construction d'indicateurs de concentration utilisant des mesures enregistrées dans les stations de mesure de la pollution d'une ville [19], l'autre, sur l'utilisation des estimations de concentration en polluants développées dans une grille de 4 km<sup>2</sup> par Geovariances pour l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe).

Enfin, trois mesures ont été utilisées pour évaluer le degré de ségrégation spatiale dans les 55 villes. Elles rendent respectivement compte du degré d'hétérogénéité entre îlots regroupés pour l'information statistique (IRIS)<sup>13</sup> relativement à la variable considérée (coefficient de variation), d'homogénéité de répartition d'une caractéristique donnée sur l'ensemble de la population (indice de Gini) et de l'autocorrélation spatiale (indice de Moran). La *figure 2* illustre le type de situations empiriques que ces coefficients permettent de distin-

<sup>11</sup> On le notera toutes causes confondues (TCC). Les taux peuvent être supérieurs à 1 000, car un même individu peut avoir été hospitalisé plusieurs fois.

<sup>12</sup> Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>) et particules fines (PM<sub>10</sub>) en utilisant les informations de la Base de données de la qualité de l'air (BDQA) pour l'année 2008.

<sup>13</sup> Brique de base des données infra-communales. Les IRIS regroupent au minimum 2 000 habitants et au maximum 5 000. Ils sont homogènes quant aux types d'habitat et leurs limites s'appuient sur les grandes coupures du tissu urbain (voies principales, voies ferrées, cours d'eau). Source : Insee, août 2012. En épidémiologie et géographie de la santé, la question de la délimitation et de la définition du quartier est souvent évoquée [10, 28]. Bard *et al.* [29] utilisent ce découpage statistique le plus fin (IRIS) dans lequel sont disponibles les informations de l'Insee. On considère ici que les IRIS constituent une relativement bonne approximation de la notion de quartier et permettent de construire des mesures comparables de la ségrégation spatiale entre les 55 villes.

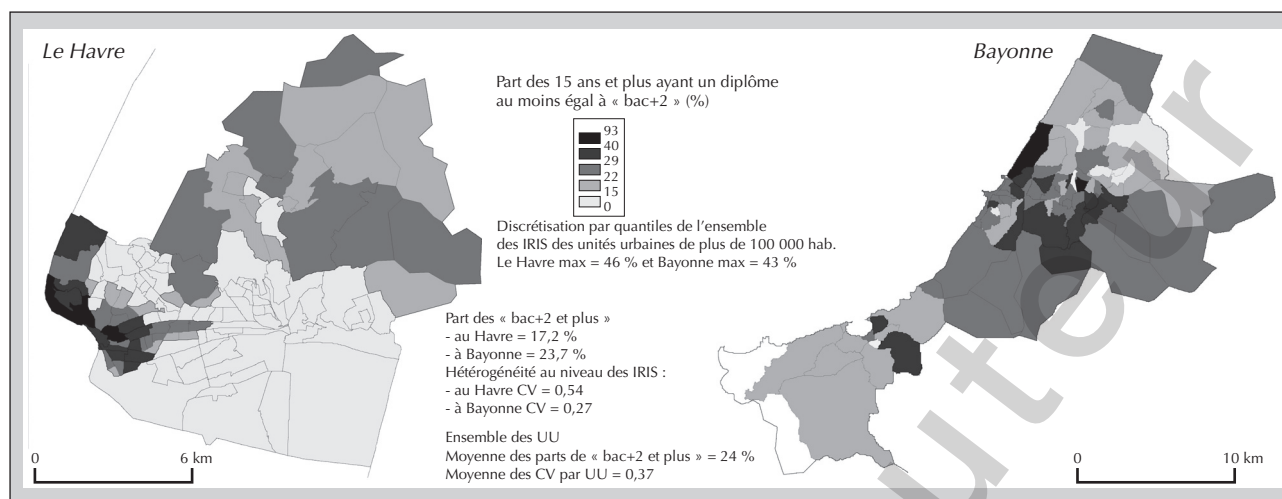
**Tableau 1.** Indicateurs introduits dans les analyses statistiques.

Table 1. Indicators used in the statistical analyses.

Niveaux géographiques	Indicateurs	
	Dimension socio-économique et d'équipement de soins	Dimension environnementale
Unité urbaine	<p><b>Paramètres socio-économiques (source : Insee, 2006)</b>  Taux de chômage des 15-64 ans  Taux de chômage des 25-64 ans  Taux de chômage des 25-35 ans  Taux de chômage des 55-64 ans  Taux des plus de 15 ans sans diplômes dans la population des plus de 15 ans  Idem : diplômés de niveau Bac  Idem : diplômés de niveau Bac + 2 et plus  Médiane de la moyenne du revenu par ménage des IRIS</p> <p>Moyenne des 1<sup>er</sup> déciles de revenu par IRIS  Moyenne des 9<sup>e</sup> déciles de revenu par IRIS  Moyenne des revenus moyens par IRIS  Moyenne des médianes des revenus par IRIS  Part des ménages non imposables dans l'ensemble des ménages</p> <p><b>Paramètres d'équipements de soins (source : Base permanente de l'équipement-Insee 2006)</b>  Nombre d'omnipraticien pour 10 000 habitants  Nombre de pneumologues pour 10 000 habitants</p>	<p><b>Paramètres climatiques (source : Météo France)</b>  Températures : moyenne des T °C les plus basses, les plus hautes observées quotidiennement en janvier et juillet  Nombre de jours de gelée par an  Nombre de jours sans dégel par an  Nombre de jours de chaleurs (&gt; 25 /&gt; 30 °C) par an  Nombre de jours avec pluie par an  Moyenne annuelle des humidités relatives minimales  Nombre de jours par an avec brouillard (&lt;1 km de visibilité)  Nombre de jours par an avec vent violent (&gt; 57 km/h)</p> <p><b>Distances (source : GéoFla, IGN)</b>  À la Méditerranée  À l'Atlantique</p> <p><b>Altitude (source : IGN, BD ALTI<sup>®</sup>)</b>  Moyenne, minimale et maximale dans l'unité urbaine</p> <p><b>Pollution atmosphérique (source : BDQA-Ademe, 2008)</b>  NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote) – Moyenne annuelle des concentrations moyennes journalières, moyenne annuelle des concentrations maximales journalières, moyenne des concentrations journalières hivernales  O<sub>3</sub> (ozone) - Moyenne annuelle des concentrations moyennes journalières, moyenne des concentrations journalières estivales  PM<sub>10</sub> - moyenne annuelle des concentrations moyennes journalières, moyenne annuelle des concentrations maximales journalières</p>
Niveau régional	<p><b>Paramètres socio-économiques</b>  Taux de chômage des 15-64 ans  Taux de chômage des 25-64 ans  Taux de chômage des 25-35 ans  Taux de chômage des 55-64 ans  Taux des plus de 15 ans sans diplômes dans la population des plus de 15 ans  Idem : diplômés de niveau Bac  Idem : diplômés de niveau Bac + 2 et plus</p>	<p><b>Données climatiques (source : Pagny, 1988, Atlas climatique de la France, Météo France)</b>  Zone climatique</p> <p><b>Classification aérobiologique (source : Réseau national de surveillance aérobiologique)</b>  Présence de 10 types de pollen</p>
Niveau intra-urbain	<p><b>Paramètres de ségrégation : indices de Gini (sur les populations et les surfaces) et de Moran et coefficient de variations intra-urbains (sur les taux)</b>  Chômage des 15-64 ans  Chômage des 25-64 ans  Chômage des 25-35 ans  Chômage des 55-64 ans  Plus de 15 ans sans diplômes dans la population des plus de 15 ans  Diplômés de niveau Bac  Diplômés de niveau Bac + 2 et plus  Médiane de la moyenne du revenu par ménage des IRIS  Moyenne des 1<sup>er</sup> déciles de revenu par IRIS  Moyenne des 9<sup>e</sup> déciles de revenu par IRIS  Moyenne des revenus moyens par IRIS  Moyenne des médianes des revenus par IRIS  Ménages non imposables/Ens des ménages</p>	<p><b>Altitude (source : IGN, BD ALTI<sup>®</sup>)</b>  Écart relatif de l'altitude <math>(2(X_{max} - X_{min}) / (X_{max} + X_{min}))</math></p> <p><b>Pollution atmosphérique (source : BDQA-Ademe, 2008)</b>  Coefficients de variation spatiale de l'O<sub>3</sub>  Coefficients de variation spatiale du NO<sub>2</sub>  Coefficients de variation spatiale du PM<sub>10</sub></p>

IRIS : îlots regroupés pour l'information statistique/aggregated units for statistical information.

BDQA : Base de données de la qualité de l'air ; Ademe : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.



**Figure 2.** Exemples de différentes formes de ségrégations spatiales : fortes différenciations entre îlots regroupés pour l'information statistique (IRIS) au Havre *versus* plus grande homogénéité des IRIS à Bayonne.

**Figure 2.** Examples of different patterns of spatial segregation in small urban areas: highly clustered in Le Havre and more homogenous in Bayonne.

UU : unité urbaine/urban unit; CV : coefficient de variation/coefficient of variation.

guer : la répartition de la population diplômée apparaît ainsi plus différenciée dans l'espace havrais qu'à Bayonne.

L'ensemble des données est analysé à l'aide de traitements statistiques, en procédant en deux étapes :

- exploration des relations entre les taux d'hospitalisations et chacune des variables socio-économiques et environnementales ;
- intégration de l'ensemble des variables dans des modèles de régressions multiples afin de mettre en évidence les rôles complémentaires des différentes variables pour décrire les différences de situation sanitaire des villes, et évaluer la contribution de chacune d'entre elles « toutes choses étant égales quant aux autres variables ».

Il s'agit en particulier de déterminer si la prise en compte des variables relevant de différents niveaux géographiques permet de mieux décrire les inégalités de santé respiratoire entre les villes.

## Résultats

La répartition géographique des taux pour BPCO se distingue de celle des taux TCC<sup>14</sup> (coefficient de corrélation de Bravais-Pearson entre les deux distributions de 0,07). Les taux d'hospitalisations pour BPCO

<sup>14</sup> En 2008 : 358 442 hospitalisations chez les hommes âgés de 71 à 75 ans dans les 55 villes de l'étude, dont 8 340 hospitalisations pour BPCO. Une large part des hospitalisations TCC est le fait des dialyses (30 %) et des hospitalisations pour moins de 48 heures (30 %).

varient bien plus d'une ville à l'autre que les taux TCC (coefficient de variation, respectivement, de 0,52 et 0,18). Les taux de BPCO les plus élevés sont observés dans les villes du Nord et de l'Est, alors que les niveaux sont généralement bas dans l'Ouest et dans les villes de taille moyenne (tableau 2). Les taux TCC les plus élevés concernent, quant à eux, les villes de l'Est, les petites villes de l'Ouest, et Marseille (figure 3).

Les traitements bivariés montrent des résultats différents pour les deux taux (tableau 3) : très peu de relations sont statistiquement significatives entre les taux TCC et les caractéristiques socio-économiques et environnementales des villes, alors qu'elles sont nombreuses et significatives pour les BPCO. Dans les deux cas, les relations avec les indicateurs de ségrégation spatiale sont significatives et aucune relation n'est observée avec la taille des villes ou la densité de médecins par habitant.

Des régressions multiples ont été effectuées séparément sur les variables socio-économiques, d'un côté, puis environnementales, de l'autre, en combinant les indicateurs établis aux trois niveaux géographiques. Cette étape a permis d'évaluer les effets de chaque indicateur relativement aux autres de la même famille, et d'identifier quel niveau ressort comme le plus discriminant pour rendre compte des différences de santé respiratoire entre les villes. Pour l'éducation, par exemple, les indicateurs mesurés au niveau de la ville expliquent une meilleure part de la variance statistique que lorsque ces indicateurs

<sup>15</sup> Plusieurs combinaisons de variables ont été testées et ces résultats sont stables quels que soient les indicateurs retenus pour le niveau d'éducation, d'un côté, et le chômage, de l'autre.



**Tableau 2.** Paramètres statistiques des indicateurs de santé (55 villes) : hospitalisations pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et pour toutes causes confondues (TCC).

Table 2. Descriptive statistics for the health indicators studied (55 cities): COPD hospitalizations and all-cause hospitalizations.

Hospitalisations en 2008 dans les 55 unités urbaines	BPCO – Hommes (71-75 ans)		TCC - Hommes (71-75 ans)	
	Nombre total	Taux pour 1 000 hommes de 71-75 ans	Nombre total	TCC : taux pour 1 000 hommes de 71-75 ans
Minimum	12	5,9	913	471
Moyenne	152	18,6	6 517	828
Médiane	52	15,6	2 990	831
Maximum	2 652	47,9	114 129	1 162
CV	2,4	0,52	2,4	0,18
Total	8 340	-	358 442	-
France	21 947	-	1 130 951	-

CV : coefficient de variation/coefficient of variation.

Source : Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI), 2008.

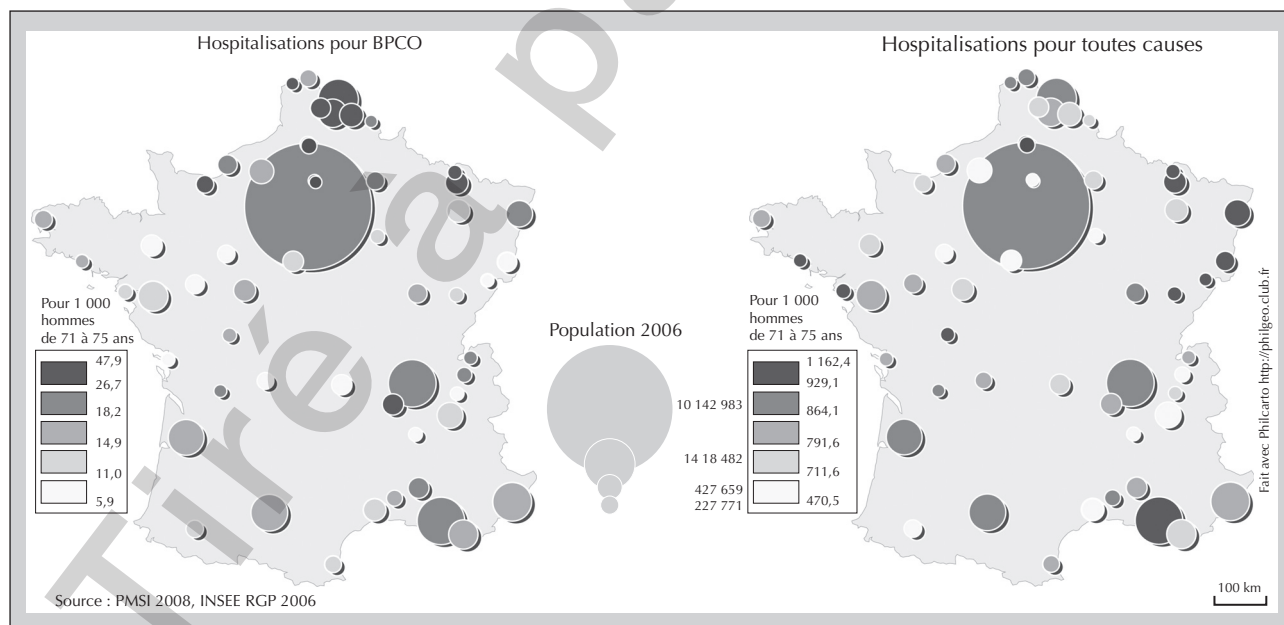
sont mesurés au niveau régional. Pour le chômage, en revanche, c'est l'inverse. Ces résultats<sup>15</sup> laissent supposer que ces deux dimensions (éducation et chômage) sont discriminantes à des échelles différentes. Les résultats des régressions montrent, par ailleurs, que pour tous les indicateurs socio-économiques les variables mesurant l'importance de la ségrégation spatiale à l'intérieur des villes sont systématiquement significatives, toutes choses égales par ailleurs.

Des régressions multiples combinant indicateurs socio-économiques et environnementaux relevant des

trois niveaux géographiques mobilisés ont ensuite été développées, aboutissant à un modèle global à quatre variables expliquant 53 % de la variance totale (tableau 4). Les coefficients du modèle traduisent :

– une relation positive entre le taux d'hospitalisation pour BPCO et :

- le taux de chômage des 15 à 64 ans au niveau régional ;
- le coefficient de Gini de la population la plus diplômée : le taux de BPCO tend ainsi à être plus élevé dans les villes où la population la plus éduquée est plus ségréguée ;



**Figure 3.** Hospitalisations pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et pour toutes causes confondues (TCC) chez les hommes de 71 à 75 ans dans les villes de plus de 100 000 habitants en 2008.

**Figure 3.** COPD and all-cause hospitalizations among men (71 to 75 years old) in cities of more than 100,000 inhabitants in 2008.

**Tableau 3.** Relations entre les hospitalisations pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO), toutes causes confondues (TCC) et les indicateurs socio-économiques et environnementaux.

Table 3. Relations between COPD, all-cause hospitalizations and various socio-economic and environmental indicators.

Type d'indicateur	Hospitalisations BPCO		Hospitalisations TCC	
	Significativité	Type de relation	Significativité	Type de relation
Socio-économique au niveau régional (chômage, etc.)	0,001	Linéaire : les villes situées dans les régions favorisées ont les taux les plus bas	NS	Pas d'effet
Socio-économique au niveau des unités urbaines (revenu, chômage et part de la population diplômée, etc.)	0,001	Linéaire : les villes favorisées ont les taux les plus bas	NS	Pas d'effet
Indicateurs de ségrégation résidentielle (CV, Gini, Moran sur les revenus, chômage, part de la population diplômée, etc.)	0,001	Linéaire : les villes où la population favorisée est ségrégée ont des taux les plus élevés ; les villes où la population défavorisée est ségrégée ont des taux plus bas	0,001	Linéaire : les villes où la population favorisée est ségrégée ont des taux plus élevés ; les villes où la population défavorisée est ségrégée ont des taux plus bas
Indicateur climatique (température, humidité)	0,05	Plus la température est basse en janvier, plus le taux d'hospitalisation est fort	0,05	Pas d'effet
Pollution de l'air	0,05	Généralement non linéaire, avec globalement des taux plus bas pour les lieux plus chauds et moins pollués	NS	Pas d'effet
Taille des villes	NS	Pas d'effet	NS	Pas d'effet
Accès aux soins	NS	Pas d'effet	NS	Pas d'effet

NS : non significatif/not significant. CV : coefficient de variation/coefficient of variation.

**Tableau 4.** Résultats des régressions multiples pour les taux de bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et toutes causes confondues (TCC).

Table 4. Results of multiple regression models for COPD and all-cause hospitalization rates.

Taux d'hospitalisations pour BPCO des hommes âgés de 71 à 75 ans, rapportés à l'ensemble des hommes de cette classe d'âge			Taux d'hospitalisations pour TCC des hommes âgés de 71 à 75 ans rapportés à l'ensemble des hommes de cette classe d'âge		
Variables explicatives	Coefficient	Significativité	Variables explicatives	Coefficient	Significativité
Constante	11	0,24	Constante	1 002	0,0001
Part des actifs de 15-64 ans sans emplois au niveau régional	+ 171	0,002	-		
Coefficient de Gini (intra-urbain) : part de la population ayant au moins un niveau d'étude de 2 ans après le bac	+ 54	0,023	Coefficient de Gini (intra-urbain) : part de la population ayant au moins un niveau d'étude de 2 ans après le bac	+ 911	0,04
Coefficient de variation (intra-urbain) de la population non diplômée	- 35	0,0006	Coefficient de variation (intra-urbain) des ménages non imposés	- 866	0,001
Température maximale en janvier (niveau de la ville)	- 0,93	0,037	-		
Variance expliquée (R <sup>2</sup> )	53 %	0,0001	Variance expliquée (R <sup>2</sup> )	27 %	0,002

– une relation négative entre le taux d'hospitalisation pour BPCO et :

- la moyenne des températures maximales de janvier ;
- le coefficient de variation de la part de la population la moins diplômée : le taux de BPCO tend ainsi à être plus faible dans les villes où la population la moins éduquée est plus ségréguée.

La même démarche appliquée aux taux TCC aboutit à une régression où seules deux variables sont significatives (tableau 4). Les coefficients traduisent une relation positive avec le coefficient de Gini de la population la plus diplômée et une relation négative avec le coefficient de variation de la part des ménages non imposables. Ces deux relations, bien que plus faibles, sont comparables à celles qui sont relevées pour les BPCO ( $R^2 = 27\%$ ,  $\text{Prob}(F) = 0,02$ ). En revanche, les résultats mettent en évidence l'absence de relation avec toutes les autres variables socio-économiques ou environnementales contrairement à ce qui se passe pour les BPCO.

## Discussion

Les taux pour BPCO chez les hommes âgés sont globalement plus élevés dans les villes situées au nord d'une ligne Caen-Marseille, particulièrement dans les villes longtemps spécialisées dans l'industrie minière et la sidérurgie. Cette organisation géographique n'est pas spécifique à cette classe d'âge : les indicateurs d'hospitalisations standardisés montrent la même répartition. Ces répartitions spatiales sont conformes à celles qui sont observées par Jouglu *et al.* [3] sur la mortalité par BPCO au niveau cantonal et par Fuhrman et Delmas [18] sur les hospitalisations pour BPCO aux échelles régionale et départementale. La carte des taux TCC s'écarte de celle des BPCO et peut être rapprochée de la géographie de l'espérance de vie à 65 ans [3], à quelques situations près : les villes du Nord-Pas-de-Calais ont des TTC moyens alors que l'espérance de vie y est plus faible qu'ailleurs ; les villes d'Alsace et de Bretagne offrent des TTC élevées alors que leur situation en termes d'espérance de vie est plutôt favorable. Ces différences pourraient s'expliquer partiellement par les pratiques de recours au soin hospitalier différentes selon les régions [20]. L'utilisation du taux TCC comme indicateur de référence doit donc être questionnée dans les travaux futurs.

Les résultats les plus nouveaux concernent l'implication combinée d'indicateurs socio-économiques relevant des échelles régionale et intra-urbaine pour rendre compte des différences entre les villes en matière d'état respiratoire. Le chômage est ainsi plus significatif lorsqu'il est appréhendé à l'échelle régionale qu'à l'échelle des villes elles-mêmes. Une composante régionale des inégalités de santé, notamment respira-

toire, est fréquemment avancée [12, 21] pour rendre compte de la persistance de comportements régionaux par rapport au tabac, à l'alimentation ou par rapport à la santé. Elle traduit aussi le rôle des fortes spécialisations économiques, qui représentent encore des héritages handicapants.

Dans nos résultats, la relation entre la ségrégation résidentielle intra-urbaine liée au niveau d'éducation et le taux de BPCO est particulièrement significative dans le modèle multivarié. En raisonnant toutes choses égales par ailleurs, les variables de composition<sup>16</sup> perdent leur significativité au profit des variables de ségrégation spatiale. Dans son étude épidémiologique des relations entre ségrégation raciale et pathologies cardiovasculaires, Cooper [8] insiste sur la ségrégation raciale comme un élément venant renforcer les inégalités sociales et de santé au sein des villes américaines, mais aussi comme un élément affectant la santé de toutes les catégories de population des villes ségréguées. D'autres auteurs [9, 22] mettent l'accent sur l'accès différencié aux soins que signalent les situations de ségrégation des populations défavorisées. Nos résultats apportent un éclairage un peu différent : toutes choses égales par ailleurs, la concentration spatiale de la population des diplômés du supérieur est associée statistiquement à une situation de santé respiratoire défavorable au niveau de la ville tandis que la ségrégation de la population sans diplôme est au contraire associée à de meilleures situations de santé respiratoire toujours au niveau de la ville. Ainsi, les inégalités sociospatiales, révélées par ces marqueurs de ségrégation pour ces différentes populations (la plus diplômée, d'une part, sans diplômes, d'autre part) s'associent à des situations de santé respiratoire globales inversées. Sans doute faut-il ici faire appel à des explications tenant à la manière dont la compétition pour l'espace exprime l'ampleur des inégalités sociales à l'intérieur de la ville : qu'il s'agisse de se réserver les espaces les plus désirables, d'y construire un « entre-soi » protecteur, ou au contraire d'isoler les quartiers en difficultés.

L'hypothèse selon laquelle des indicateurs environnementaux doivent être mobilisés aux côtés des indicateurs socio-économiques n'est que partiellement validée. En effet, seule la température de janvier contribue ici à l'explication des différences interurbaines : toutes choses égales par ailleurs, plus la température<sup>17</sup> est faible, plus le

<sup>16</sup> Part des diplômés dans la population de la ville, par exemple.

<sup>17</sup> Les impacts des îlots de chaleurs sur la santé respiratoire des populations urbaines sont avérés [30]. Les caractéristiques de l'îlot de chaleur d'une ville dépendent d'un grand nombre de facteurs (structure du bâti, topographie, présence d'espaces verts, étendu du bâti, environnement rural, etc.) et évoluent selon les types de temps. Dans une étude comparative des villes, il est extrêmement difficile de mobiliser cette information. On a donc considéré que la température mesurée au niveau de la ville tient compte, au moins pour partie, de l'effet de l'îlot de chaleur urbain.

taux pour BPCO est élevé. Cette relation va dans le même sens que les relations mises en évidence au niveau individuel dans certaines études sur la relation entre température et asthme [23, 24]. Pour les variables de pollution, nos analyses bivariées mettent en évidence des taux pour BPCO plus faibles dans les villes où les concentrations de NO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> sont plus basses. Ce résultat est cohérent avec la littérature [16, 17, 25] qui rapporte des baisses des taux de mortalité et de morbidité lorsque les concentrations de polluants au niveau d'une ville diminuent. Les résultats de la littérature, qui portent en général sur une ville donnée, mettent en évidence une relation linéaire dans le temps. Notre étude qui concerne l'échelle interurbaine pour une année donnée montre, en revanche, une relation non linéaire avec un effet de seuil : une catégorie de villes (les plus grandes) enregistre des taux moyens pour BPCO alors que les concentrations en dioxyde d'azote sont les plus élevées. Les résultats du modèle multivarié montrent que toutes choses égales par ailleurs, les variables de pollution atmosphérique (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>) ne discriminent pas les villes : l'effet de seuil dans les concentrations en polluants n'est pas significatif dans les régressions multiples. Il se pourrait alors que les effets de la pollution atmosphérique se trouvent en quelque sorte « résumés » (d'un point de vue statistique) par les effets des facteurs socio-économiques.

## Conclusion

Nos travaux contribuent à la réflexion sur l'organisation spatiale des phénomènes de santé en questionnant l'apport des géographes aux approches épidémiologiques du contexte urbain. Ils répondent à des réflexions de Galea *et al.* et de Kaplan [26, 27] recommandant de prendre en compte plusieurs niveaux d'organisation de l'espace pour décrire et comprendre les inégalités urbaines de santé. Les résultats obtenus ici restent des résultats exploratoires et les auteurs poursuivent la réflexion dans deux directions : – en améliorant les indicateurs et les mesures mobilisées, d'une part, sur la situation de santé respiratoire où il s'agira notamment de prendre en compte les soins de villes, d'autre part, sur l'atmosphère urbaine et, enfin, sur les proxys rendant compte de la ségrégation intra-urbaine ; – en cherchant à identifier les *processus spatiaux* à l'œuvre, aux différents niveaux géographiques pris en compte, qu'il s'agisse des processus de ségrégation ou des trajectoires économiques récentes des villes. ■

## Remerciements et autres mentions

**Financement** : ce travail a fait l'objet d'un financement 2009-2011 du Programme interdisciplinaire recherche ville environnement (PIRVE) ; **conflits d'intérêts** : les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

## Références

1. Vigneron E. *Pour une approche territoriale de la santé*. Col. Bibliothèque des Territoires. Paris : Éditions de l'Aube-Datar, 2002.
2. Lucas-Gabrielli V, Tonnellier F, Vigneron E. *Typologie des paysages socio-sanitaires en France*. Paris : CREDDES, 1998.
3. Salem G, Rican S, Jouglé E. *Atlas de la santé en France, vol 1 : les causes de décès*. Paris : John Libbey Eurotext, 2006.
4. Rican S, Jouglé E, Salem G. Inégalités socio-spatiales de mortalité en France. *Bulletin Epidemiologique Hebdomadaire* 2003 ; 30-31 : 142-5.
5. Diez-Roux A, Mair C. Neighborhood and health. *Ann N Y Acad Sci* 2010 ; 1186 : 125-45.
6. Macintyre S, Ellaway A, Cummins S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? *Soc Sci Med* 2002 ; 55 : 125-39.
7. Cummins S, Curtis S, Diez-Roux AV, Macintyre S. Understanding and representing 'place' in health research: a relational approach. *Soc Sci Med* 2007 ; 65 : 1825-38.
8. Cooper RS. Social inequality, ethnicity and cardiovascular disease. *Int J Epidemiol* 2001 ; 30 : S48.
9. White K, Borrell LN. Racial/ethnic residential segregation: framing the context of health risk and health disparities. *Health Place* 2011 ; 17 : 438-48.
10. Vallée J, Cadot E, Grillo F, Parizot I, Chauvin P. The combined effects of activity space and neighbourhood of residence on participation in preventive health-care activities: the case of cervical screening in the Paris metropolitan area (France). *Health Place* 2010 ; 5 : 38-852.
11. Riva M, Curtis S, Gauvin L, Fagg J. Unravelling the extent of inequalities in health across urban and rural areas: evidence from a national sample in England. *Soc Sci Med* 2009 ; 68 : 654-63.
12. Rican S, Salem G, Jouglé E. Villes et santé respiratoire en France. *Geocarrefour* 2003 ; 78 : 203-10.
13. Ben-Schlomo Y, White IR, Marmot M. Does the variation in the socioeconomic characteristics of an area affect mortality? *BMJ* 1996 ; 312 : 1013-4.
14. Congdon P, Shouls S, Curtis S. A multi-level perspective on small area health and mortality: a case study of England and Wales. *Int J Popul Geogr* 1997 ; 3 : 243-63.
15. Coburn J, Osleeb J, Porter M. Urban asthma and the neighbourhood environment in New York City. *Health Place* 2006 ; 12 : 167-79.
16. Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, *et al.* Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions results from APHEA 2 project. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 1860-6.

17. Viegi G, Maio S, Pislì F, Baldacci S, Carrozzi L. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease: health effects of air pollution. *Respirology* 2006 ; 11 : 523-32.
18. Fuhrman C, Delmas MC. Épidémiologie descriptive de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) en France. *Rev Mal Respir* 2010 ; 27 : 160-8.
19. Aschan-Leygonie C, Baudet-Michel S. Building comparable synthetic health-related indicators of air quality in cities. In Brebbia CA, Longhurst JWS, editors. *Air pollution, transactions on ecology and the environment*. Southampton (United Kingdom) : WIT Press, 2010.
20. Tonnellier F. Accès aux soins : inégalités géographiques et justice sociale. *J Int Bioéthique* 1996 ; 2 : 94-8.
21. Jusot F. The shape of the relationship between mortality and income in France. *Ann Econ Stat* 2006 ; 83-84 : 89-122.
22. Subramanian S, Acevedo-Garcia D, Osypuk TL. Racial residential segregation and geographic heterogeneity in black/white disparity in poor self-rated health in the US: a multilevel statistical analysis. *Soc Sci Med* 2005 ; 60 : 1667-79.
23. De Marco R, Poli A, Ferrari M, et al. The impact of climate and traffic-related NO<sub>2</sub> on the prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy. *Clin Exp Allergy* 2002 ; 32 : 1405-12.
24. Weiland SK, Hüsing A, Strachan DP, Rzehak P, Pearce N. Climate and prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinitis, and atopic eczema in children. *Occup Environ Med* 2004 ; 61 : 609-15.
25. Aga SE, Samoli E, Touloumi G, et al. Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project. *Eur Respir J* 2003 ; 21 : 28-33.
26. Galea S, Freudenberg N, Vlahov D. Cities and population health. *Soc Sci Med* 2005 ; 60 : 1017-33.
27. Kaplan GA. What's wrong with social epidemiology, and how can we make it better? *Epidemiol Rev* 2004 ; 26 : 124-35.
28. Openshaw S, Charlton M, Craft AW, Birch JM. Investigation of leukaemia clusters by use of a geographical analysis machine. *Lancet* 1988 ; 331 : 272-3.
29. Bard D, Laurent O, Filleul L, et al. Exploring the joint effect of atmospheric pollution and socioeconomic status on selected health outcomes: an overview of the PAISARC project. *Environ Res Lett* 2007 ; 2 : 1-7.
30. Laaidi K. Rôle des îlots de chaleur urbains dans la surmortalité observée pendant les vagues de chaleur. In : *Synthèse des études réalisées par l'Institut de veille sanitaire sur la vague de chaleur d'août 2003*. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, 2012.