

Environmental inequalities in France – A spatio-temporal analysis conducted at a small geographical level in four French metropolitan areas.

Environmental Health. Science and policy to protect future generations. Boston, 3-6/3/2013
Conference organized by Elsevier

Cindy. M PADILLA^{1,2}, Wahida KIHAL^{1,2}, Benoît LALLOUE^{1,2,3}, Denis ZMIROU-NAVIER^{1,2,3}, Veronica. M VIEIRA⁴, Severine DEGUEN^{1,2}

¹ EHESP School of Public Health, Rennes; Sorbonne-Paris Cité, France / cindy.padilla@ehesp.fr

² INSERM U1085-IRSET – Research institute of environmental and occupational health. Rennes, France / severine.deguen@ehesp.fr

³ Lorraine University Medical School–Vandoeuvre-les-Nancy-France / denis.zmirou@inserm.fr

⁴ Department of Environmental Health, Boston University School of Public Health, Boston, MA 02118, USA. Vieira / ymv@bu.edu

Introduction: Several studies suggested that more deprived population tend to live in areas characterized by higher levels of environmental pollution. Yet, time and geographical patterns of this disproportionate distribution of environmental burden remain poorly assessed.

Methods: We investigated the spatial and temporal relation between ambient air NO₂ levels and socioeconomic and demographic data in the metropolitan areas of Lille (North of France), Lyon (center), Marseille (south) and Paris between two periods. We conducted an ecological study using the French census block as the geographical unit. The response variable was the NO₂ yearly average per census block and the explanatory variables were a neighborhood deprivation index and socioeconomic and demographic data estimated from the 1999 and 2006 census. Generalized additive models allowed to take into account spatial autocorrelation and generate maps using smoothing on longitude and latitude while adjusting for covariates.

Results: We found that the strength and direction of the association between deprivation and NO₂ estimates varied between cities. In Paris, residents in the higher social categories was more likely to be exposed to higher levels of air pollution; in Lyon, the middle categories experienced greater exposure; which was the case of the lower social categories in Lille and Marseille. The association between socioeconomic characteristics, and air pollution, varies according to the metropolitan areas and the time period. We found that the proportions of executives, of subjects not owners of their house, and of high income residents were significant predictors of exposure over the two study periods whereas the association with other social determinants changed over time.

Conclusion: There is clear evidence of a variety of spatial and temporal environmental inequalities in French metropolitan areas, entailed to their historical social make-up. General statements about environmental inequalities are inappropriate. This result illustrates the relevance of spatial statistical techniques in modeling exposure.

Keywords : air pollution, environmental inequalities, generalized additive models, social determinants

Some data to be presented at the conference :

Table 1 : Average NO₂ concentrations (µg/m³) in contrasted areas according to socioeconomic deprivation in 4 large metropolitan areas, France, 2002 to 2009.

| Metropolitan areas | Period | Number of †(P80) and ‡(P20) areas | NO ₂ concentration in P80 areas | NO ₂ concentration in P20 areas | Ratio P80/P20 |
|--------------------|-----------|-----------------------------------|--|--|---------------|
| Lille | 2002-2009 | 96/478 | 34.6±5.4 | 28.7 ± 4.8 | 1.21 |
| Lyon | 2002-2009 | 98/493 | 40.2±6.0 | 36.5 ± 5.1 | 1.10 |
| Marseille | 2002-2009 | 85/428 | 37.8 ± 8.5 | 25.1 ± 7.8 | 1.51 |
| Paris | 2002-2009 | 532/2656 | 42.1± 8 | 50.5 ± 8.9 | 0.83 |

†(P80): The most deprived areas, corresponding to the 80th percentile of the deprivation index distribution

‡(P20): The less deprived areas, corresponding to 20th percentile of the deprivation index distribution

Table 2 : Evolution of average NO₂ concentrations (µg/m³) in contrasted areas according to socioeconomic deprivation in 4 large metropolitan areas, France, 2002 to 2009.

| Metropolitan areas | T1 | T3 | NO ₂ concentration in P80 areas at | | NO ₂ concentration in P20 areas at | | Evolution (%) P80 | Evolution (%) P20 |
|--------------------|-----------|-----------|---|------------|---|------------|-------------------|-------------------|
| | | | T1* | T3* | T1* | T3* | | |
| Lille | 2002-2004 | 2007-2009 | 36.8±6.0 | 33.0±4.6 | 31.4±5.6 | 27.6±4.3 | -10.1% | -12.1% |
| Lyon | 2002-2004 | 2007-2009 | 43.8±4.9 | 36.9±5.6 | 40.5±5.0 | 32.6±5.2 | -15.9% | -19.5% |
| Marseille | 2002-2004 | 2007-2009 | 41.1±9.9 | 38.6± 10.5 | 26.9±7.4 | 27.9±7.9 | -6.1% | 3.87% |
| Paris | 2002-2004 | 2007-2009 | 44.7± 8.4 | 40.7± 8.2 | 51.3± 9.6 | 49.6± 10.1 | -8.98% | -3.37% |

†(P80): The most deprived areas, corresponding to the 80th percentile of the deprivation index distribution

‡(P20): The less deprived areas, corresponding to 20th percentile of the deprivation index distribution

*T1: The first tertile of time (T1, 2002-2004) and T3: the last tertile of time (T3, 2007-2009)

Des inégalités d'exposition au dioxyde d'azote propres à chaque agglomération.

Analyse conduite à fine échelle dans 3 agglomérations françaises.

L'étude, de type « écologique », a été conduite à la plus petite unité géographique pour laquelle sont disponibles les données socio-économiques du recensement en France. L'unité statistique est l'IRIS (défini par l'Insee : "Îlot regroupé pour l'information statistique») et représente en moyenne 2000 habitants. Il est conçu pour être aussi homogène que possible en termes de caractéristiques socio-démographiques et d'occupation du sol.

Les agglomérations concernées ici sont Lille (région Nord-Pas de Calais), Lyon (région Rhône-Alpes) et Marseille (région Provence-Alpes-Côte d'Azur).

Afin de caractériser la défaveur sociale, un index est créé à l'aide des données des deux recensements de 1999 et 2006, selon une technique statistique « d'Analyse des Données ». Plusieurs analyses en composantes principales ont permis de sélectionner les 21 variables qui composent cet index. L'inertie à l'intérieur des classes de défaveur est de 62 % pour l'agglomération urbaine de Lille, 56 pour celle de Lyon, et 61 pour celle de Marseille. L'index composite a pour avantage de prendre en compte plusieurs domaines comme la famille, l'immigration, l'emploi, l'éducation, le logement. Les IRIS sont catégorisés selon la distribution des percentiles de l'index. Dans les tableaux qui suivent, la catégorie la plus défavorisée correspond aux IRIS du percentile 80 de la distribution de l'index de défaveur (P80) et les IRIS les plus favorisés correspondent aux IRIS du percentile 20 de la distribution de l'index (P20).

La concentration annuelle de dioxyde d'azote (NO₂, indicateur très lié dans l'air extérieur aux émissions liées au chauffage des bâtiments, au trafic automobile et aux émissions industrielles) a été modélisée par les AASQA (Association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air) de chaque agglomération sur la période d'étude 2002-2009. Des modèles déterministes intégrant des données météorologiques (la température, la force du vent et sa direction, l'humidité ambiante, et la pression barométrique), les sources d'émission fixes (chauffage, industries ...) ou mobiles (trafic) et les mesure de fond de la pollution de l'air, permettent une estimation des concentrations annuelles du dioxyde d'azote sur la période d'étude pour chaque IRIS des 3 agglomérations.

Dans le but d'analyser d'éventuelles inégalités environnementales, nous estimons l'écart, en termes d'exposition au dioxyde d'azote, entre les deux catégories opposées sur l'index de défaveur. Puis nous démontrons l'évolution de cet écart entre le premier tertile de temps sur la période d'étude (T1, 2002-2004) et le troisième (T3, 2007-2009).

Les tableaux suivants figurent dans une présentation scientifique faite dans le cadre d'un colloque international "Environmental Health. Science and policy to protect future generations" organisé à Boston du 3 au 6 mars 2013.

Table 1 : Average NO₂ concentrations (µg/m³) in contrasted areas according to socioeconomic deprivation in 3 large metropolitan areas, France, 2002 to 2009.

| Metropolitan areas | Period | Number of †(P80) and ‡(P20) areas | NO ₂ concentration in P80 areas | NO ₂ concentration in P20 areas | Ratio P80/P20 |
|--------------------|-----------|-----------------------------------|--|--|---------------|
| Lille | 2002-2009 | 96/478 | 34.6±5.4 | 28.7 ± 4.8 | 1.21 |
| Lyon | 2002-2009 | 98/493 | 40.2±6.0 | 36.5 ± 5.1 | 1.10 |
| Marseille | 2002-2009 | 85/428 | 37.8 ± 8.5 | 25.1 ± 7.8 | 1.51 |

†(P80): The most deprived areas, corresponding to the 80th percentile of the deprivation index distribution

‡(P20): The less deprived areas, corresponding to 20th percentile of the deprivation index distribution

Table 2 : Evolution of average NO₂ concentrations (µg/m³) in contrasted areas according to socioeconomic deprivation in 3 large metropolitan areas, France, 2002 to 2009.

| Metropolitan areas | T1 | T3 | NO ₂ concentration in P80 areas at | | NO ₂ concentration in P20 areas at | | Evolution (%) P80 | Evolution (%) P20 |
|--------------------|-----------|-----------|---|------------|---|----------|-------------------|-------------------|
| | | | T1* | T3* | T1* | T3* | | |
| Lille | 2002-2004 | 2007-2009 | 36.8±6.0 | 33.0±4.6 | 31.4±5.6 | 27.6±4.3 | -10.1% | -12.1% |
| Lyon | 2002-2004 | 2007-2009 | 43.8±4.9 | 36.9±5.6 | 40.5±5.0 | 32.6±5.2 | -15.9% | -19.5% |
| Marseille | 2002-2004 | 2007-2009 | 41.1±9.9 | 38.6± 10.5 | 26.9±7.4 | 27.9±7.9 | -6.1% | 3.87% |

†(P80): The most deprived areas, corresponding to the 80th percentile of the deprivation index distribution

‡(P20): The less deprived areas, corresponding to 20th percentile of the deprivation index distribution

*T1: The first tertile of time (T1, 2002-2004) and T3: the last tertile of time (T3, 2007-2009)

Lorsque l'ensemble des quintiles de la distribution, et pas seulement les quintiles extrêmes sont analysés, on observe que si les habitants des quartiers (IRIS) les plus défavorisés sont toujours, dans ces trois agglomérations, exposés à des concentrations moyennes de NO₂ plus élevées que dans les quartiers les plus favorisés, ils ne sont pas partout les plus pollués. Les agglomérations de Lille et de Marseille (où les contrastes sont particulièrement forts) montrent un net gradient de pollution en lien avec l'index de défaveur, mais dans l'agglomération de Lyon, ce sont des IRIS à profil socio-économique « intermédiaire » qui encourent l'exposition la plus élevée. La situation est ainsi propre à chaque contexte urbain, selon l'histoire de sa construction et de son aménagement.

| Metropolitan areas | Period | Number of †(Q5) and ‡(Q1) areas/ Total number of IRIS | NO ₂ concentration in Q1 areas | NO ₂ concentration in Q2 areas | NO ₂ concentration in Q3 areas | NO ₂ concentration in Q4 areas | NO ₂ concentration in Q5 areas |
|--------------------|-----------|--|---|---|---|---|---|
| Lille | 2002-2009 | 96/478 | 28.7 ± 4.8 | 31.6 ± 5.5 | 32.3±4.5 | 33.4±4.3 | 34.6±5.4 |
| Lyon | 2002-2009 | 98/493 | 36.5 ± 5.1 | 41.7 ± 6 | 43.8± 5.1 | 44 ±4.5 | 40.2±6.0 |
| Marseille | 2002-2009 | 85/428 | 25.1 ± 7.8 | 33 ± 8.4 | 36.8± 9.2 | 36.4± 9.2 | 37.8 ± 8.5 |

†(P80): =Q5 The most deprived areas, corresponding to the 80th percentile of the deprivation index distribution

‡(P20): =Q1 The less deprived areas, corresponding to 20th percentile of the deprivation index distribution

| Metropolitan areas | Period | Number of †(Q5) and ‡(Q1) areas/ Total number of IRIS | Ratio Q5/Q1 | Ratio Q4/Q1 | Ratio Q3/Q1 | Ratio Q2/Q1 |
|--------------------|-----------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lille | 2002-2009 | 96/478 | 1.21 | 1.16 | 1.13 | 1.10 |
| Lyon | 2002-2009 | 98/493 | 1.10 | 1.20 | 1.20 | 1.14 |
| Marseille | 2002-2009 | 85/428 | 1.51 | 1.45 | 1.46 | 1.31 |