Exposition à la pollution atmosphérique et inégalités sociales de santé

Séverine Deguen (severine.deguen@ehesp.fr)

École des hautes études en santé publique, Institut de recherche en santé, environnement et travail – U1085, Rennes, France

Résumé / Abstract

Malgré un allongement continu de l'espérance de vie et une amélioration générale de l'état de santé des populations, nous n'apparaissions pas, aujourd'hui encore, tous égaux devant la mort et/ou la maladie. Des inégalités de santé persistent entre différents groupes de population et, en particulier, entre les différentes catégories sociales : globalement, les personnes appartenant aux catégories socioéconomiques les moins favorisées vivent moins longtemps et sont en moins bonne santé que celles des catégories socioéconomiques les plus favorisées. Cette problématique constitue de nos jours un objet d'études et de recherches privilégié en santé publique, alimentant régulièrement les débats scientifiques et politiques.

De nombreux déterminants ont déjà été identifiés pour expliquer l'existence des inégalités. Pourtant, aujourd'hui, une partie de celles-ci demeurent encore inexpliquées. C'est précisément dans ce contexte que les nuisances environnementales, et en particulier l'exposition à la pollution atmosphérique, ont été suspectées comme pouvant contribuer aux inégalités sociales de santé (ISS). Deux mécanismes principaux, documentés dans la littérature, permettent de comprendre comment l'environnement pourrait jouer un rôle dans les ISS : (1) les populations défavorisées pourraient être exposées à un plus grand nombre de nuisances et/ou à des niveaux d'expositions plus élevés (différentiel d'exposition) et/ou (2) les populations plus défavorisées pourraient être plus vulnérables aux effets de l'environnement (différentiel de vulnérabilité/susceptibilité) en raison d'un état de santé plus fragile que les populations plus favorisées.

Cet article a pour objectif de présenter l'état des connaissances sur le rôle que pourrait jouer l'exposition à la pollution atmosphérique dans les ISS.

Exposure to air pollution and social inequalities in health

Despite a continuous extension of life expectancy and a global improvement in health status of populations in most industrialized countries, individuals remain unequal in death and disease. Inequalities remain between population groups, and especially between social classes: As a general rule, socio-economically disadvantaged populations are more strongly affected by various health problems compared to the most privileged ones. Reducing social health inequalities has become an explicit goal and debate of health policies over the past few years.

In spite of the numerous risk factors already identified, some of these inequalities remain unexplained. In light of this, it is suspected that environmental nuisances, air pollution in particular, also contribute to social inequalities in health. The contribution of environmental exposure has been mentioned in the literature to explain part of the observed health inequalities, leading to hypotheses about disproportionate impacts of environmental risks according to the social characteristics of the population. Environmental exposures may contribute to health inequalities through (1) differential susceptibility, the deprived population could be more susceptible to air pollution effect due to a fragile health status, and/or (2) differential exposure, deprived populations could be exposed to a greater number of environmental nuisances and/or to a higher level of nuisances.

The aim of the present article is to draw up the state of the knowledge on the role of air pollution exposure in the social health inequalities.

Mots-clés / Keywords

Inégalités sociales de santé, expositions environnementales, différentiel d'exposition, différentiel de vulnérabilité / *Social health inequalities, environmental exposures, differential exposures, differential susceptibility/vulnerability*

Contexte et enjeux économiques et sociétaux

Globalement, l'espérance de vie augmente et l'état de santé des populations s'améliore dans la plupart des pays industrialisés. Pourtant, nous n'apparaissions pas, aujourd'hui encore, tous égaux devant la mort et/ou la maladie. Des inégalités de santé persistent entre différents groupes de populations, notamment entre les catégories sociales [1]. De manière générale, les populations désavantagées au plan socioéconomique sont plus fréquemment affectées par divers problèmes de santé [2-4]. La réduction des inégalités sociales de santé (ISS) est ainsi devenue un objectif explicite des politiques de santé ces dernières années, et constitue un objet d'études et de recherches privilégié en santé publique.

La France est marquée par de profondes inégalités sociales de mortalité, supérieures à celles observées dans les autres pays d'Europe de l'Ouest. Par exemple, l'écart du risque de mortalité prématurée chez les hommes (de 45 à 59 ans) entre les professions manuelles et non manuelles y est environ deux

fois plus élevé qu'en Suède ou au Danemark. De nombreux travaux ont tenté d'identifier les mécanismes et les déterminants à l'origine de ces ISS. D'après la littérature, elles pourraient connaître de multiples déterminants interdépendants agissant de concert pour engendrer un état de santé plus dégradé au sein des groupes socioéconomiquement défavorisés.

Plus précisément, parmi les facteurs susceptibles d'expliquer ces inégalités, plusieurs déterminants ont été proposés : les facteurs de risques individuels (alcoolisme, tabagisme, sédentarité, obésité, diabète...) et d'autres facteurs tels que le contexte social et psychosocial (latitude décisionnelle, stress au travail, dépression...) ainsi que l'accès inégal au système de soins, à la prise en charge et aux traitements les plus adaptés seraient plus prévalents dans les populations plus défavorisées. Ils n'expliquent cependant qu'une partie des inégalités observées. C'est précisément dans ce contexte que la contribution des nuisances environnementales, souvent inégalement distribuées sur un territoire, aux ISS a été avancée.

Le courant classique de l'épidémiologie environnementale a pris en compte cette influence des facteurs sociaux par des techniques de standardisation conventionnelles, qui considèrent les facteurs socioéconomiques comme des facteurs de confusion dans l'association entre les facteurs de risque et l'événement de santé étudiés. Cette technique néglige cependant le fait qu'il peut exister des interactions complexes entre les conditions environnementales et sociales, comme cela a, par exemple, été mis en évidence par l'observation de différentiels de vulnérabilité aux effets de la pollution de l'air au sein de certains groupes de population [5].

Le différentiel d'exposition à la pollution atmosphérique

Le croisement des données environnementales et des données sociodémographiques caractérisant des populations devrait permettre de montrer s'il existe des inégalités d'exposition à des nuisances environnementales et si certaines portions du territoire concentrent des sources de pollution et de nuisances. L'hypothèse sous-jacente serait que les

populations défavorisées pourraient être exposées à un plus grand nombre de nuisances et/ou à des niveaux d'exposition plus élevés. L'existence de disparités territoriales des expositions environnementales selon le niveau socioéconomique serait contraire au principe de « justice environnementale » ou d'« équité environnementale », qui stipule qu'aucun groupe de population ne doit supporter une part disproportionnée des expositions. L'étude de la distribution des expositions environnementales au sein de groupes de population socioéconomiquement différenciés a débuté aux États-Unis et au Canada [6-14]. Elle s'est étendue plus récemment en Europe, notamment au Royaume-Uni et en Suède [15-19]. Initialement, les études américaines se concentraient sur la proximité de certains groupes de population avec les industries polluantes ou avec les principales voies de circulation. Les minorités ethniques, et particulièrement celles avec de faibles revenus, vivaient à plus grande proximité de grands axes routiers à forte densité de trafic, d'aéroports, d'industries polluantes, d'incinérateurs, de décharges ou de centrales énergétiques [8;10;12-14;20].

Les études de justice environnementale en relation avec les indicateurs de qualité de l'air, mesurés ou modélisés, sont plus récentes. Une majorité de ces études a conclu que les concentrations en polluants atmosphériques mesurées dans les secteurs où vivaient des populations défavorisées étaient plus élevées que pour les populations plus favorisées. Au Canada par exemple, une équipe de chercheurs a publié plusieurs articles révélant l'existence d'inégalités environnementales dans la zone industrielle d'Hamilton : les études les plus récentes ont démontré l'existence d'une association entre les concentrations de particules totales en suspension de chaque unité géographique considérée et les caractéristiques socioéconomiques de la population qui y réside (taux de chômage, valeur du logement, revenu médian du foyer, pourcentage d'immigrants, etc.) [11;21]. Par ailleurs, en 2005, Brajer et coll. [22] ont montré que le niveau d'éducation et le niveau de revenu des foyers étaient statistiquement associés aux concentrations d'ozone et de PM_{10} . Enfin, trois études menées en Nouvelle-Zélande ont démontré l'existence d'inégalités environnementales à partir d'une variété d'indicateurs socioéconomiques. Ainsi, quel que soit l'indicateur, la pollution atmosphérique est plus importante dans les zones plus défavorisées [23;24].

En Europe, les études d'équité environnementale, moins nombreuses, rapportent des résultats plus contrastés. Deguen et coll. [25] ont récemment synthétisé la littérature européenne investiguant la relation entre la pollution atmosphérique et le niveau socioéconomique. Quelques exemples d'études européennes sont détaillés ci-après, mettant en évidence la diversité des résultats obtenus. En Angleterre en 2007, McLeod et coll. [26] ont étudié la relation entre les concentrations en particules de moins de $10 \mu m$ de diamètre (PM_{10}), dioxyde d'azote (NO_2) et dioxyde de soufre (SO_2), et plusieurs indicateurs socioéconomiques. Ils ont mis en évidence que les classes socioéconomiquement les plus favorisées apparaissaient plus exposées à

la pollution de l'air quel que soit le polluant ou l'indicateur socioéconomique considéré. À l'opposé, Brainard et coll. [17] ont plus classiquement démontré que les concentrations en NO_2 et en monoxyde de carbone (CO) à Birmingham étaient plus élevées dans les zones géographiques défavorisées et présentant une proportion plus élevée de population de couleur. Mitchell et coll. [16] ont élevé ce constat à l'échelle nationale en conduisant la première étude de justice environnementale sur l'ensemble du Royaume-Uni. Cette étude a apporté une preuve manifeste d'inéquité environnementale en montrant que, si les populations défavorisées étaient exposées à de plus forts niveaux de pollution (NO_2) sur leur lieu de résidence, elles y contribuaient proportionnellement moins que les populations favorisées, puisque la majorité ne possédait pas de voiture contrairement aux populations favorisées. Plus récemment, ce même auteur a confirmé ces résultats sur la ville de Leeds en démontrant que la proportion de personnes possédant une voiture diminuait avec l'augmentation des concentrations de NO_2 et celle du niveau de défaveur [15]. En outre, Briggs et coll. [27] concluaient que la force d'association entre les indices de défaveur britannique (indicateurs de Townsend et Carstairs) et la pollution atmosphérique était plus élevée que pour les autres nuisances environnementales. Deux études conduites à Oslo (Norvège) ont révélé des résultats contrastés [28;29]. À partir de plusieurs indicateurs socioéconomiques (proportion d'ouvriers, niveau de rémunération, niveau d'éducation, proportion de propriétaires de leur logement...), Naess et coll. [28] ont montré que les zones géographiques les plus défavorisées présentaient un niveau plus élevé de $PM_{2.5}$. En revanche, à partir des données d'une cohorte de Norvégiens, aucune relation significative entre le NO_2 et le niveau d'éducation ou la profession n'a été mise en évidence. Les deux études menées à Helsinki (Finlande) [30;31] ont confirmé l'existence d'inégalités à partir d'une mesure individuelle de la pollution de l'air : le niveau individuel de NO_2 et de $PM_{2.5}$ diminue lorsque le niveau d'éducation augmente. En Italie, à Rome, ce sont les quartiers de résidence les plus favorisés qui apparaissent les plus exposés à la pollution de l'air [32].

En France, le nombre de publications scientifiques sur ce sujet reste encore faible, même si elles sont de plus en plus nombreuses. Laurian [33] a montré que, globalement, les zones les plus pauvres étaient plus exposées aux nuisances environnementales que les zones les plus aisées. Dans l'agglomération strasbourgeoise, Havard et coll. [34] ont démontré l'existence d'inégalités sociales en lien avec l'exposition à la pollution atmosphérique. Ils ont mis en évidence que les Iris (îlots regroupés pour l'information statistique, unités géographiques définies par l'Insee, regroupant 2 000 habitants en moyenne) présentant un niveau moyen de défaveur étaient les plus exposés au NO_2 , aux PM_{10} et au CO. Rey et coll. [35] ont également démontré, dans une étude investiguant l'exposition à la chaleur et la vulnérabilité socioéconomique, que celles-ci se comportaient de façon synergique quant à la mortalité liée aux vagues de forte chaleur.

Le différentiel de vulnérabilité

L'analyse de la littérature met en évidence que le différentiel d'exposition a été largement investigué, contrairement au différentiel de vulnérabilité, surtout en Europe [36;37]. Pourtant, Rios et coll. [38] et Sexton et coll. [39] avaient très tôt, dans les années 1990, émis l'hypothèse selon laquelle les populations défavorisées pourraient être plus sensibles à certaines nuisances environnementales, en raison notamment du fait que leur santé était plus fragile que celle des plus favorisées ; en d'autres termes, à niveaux identiques, voire plus faibles, d'expositions environnementales, les effets sanitaires pourraient être plus importants parmi les populations socioéconomiquement défavorisées. Ces populations, de par leurs ressources économiques limitées et/ou leur niveau d'éducation plus faible, peuvent cumuler certains facteurs de risque (accès plus réduits à la nourriture « saine », niveau d'activité physique plus faible, moindre recours et accès aux soins et aux services sociaux...), reconnus pour entraîner/favoriser l'apparition ou le développement de maladies chroniques.

Dans les quelques études investiguant l'effet modificateur du niveau socioéconomique sur la relation entre l'exposition à la pollution atmosphérique et l'effet sanitaire, une majorité des résultats sont convergents : quel que soit le niveau de pollution atmosphérique, le risque sanitaire lié à l'exposition à cette dernière est plus élevé pour les populations défavorisées que pour les populations plus favorisées. En France, à Strasbourg par exemple, ce sont les populations résidant dans les Iris les plus défavorisées qui présentent un risque d'infarctus du myocarde accru, alors que les concentrations en PM_{10} n'y sont pas plus élevées qu'ailleurs [40]. À Bordeaux, Filleul et coll. [41] ont montré une association significative entre la mortalité, dans une population âgée de plus de 65 ans, et l'exposition aux fumées noires chez les ouvriers uniquement. Quelques études françaises ne mettent cependant pas en évidence de modification de l'effet sanitaire lié à l'exposition à la pollution atmosphérique par les caractéristiques socioéconomiques des populations [42-44]. Ceci montre bien toute la complexité des mécanismes sous-jacents à la modification de l'effet de la pollution atmosphérique par le niveau socioéconomique, et la nécessité de conduire d'avantage d'études sur ce sujet.

Conclusion

La crise économique actuelle, avec ses conséquences sociales, pourrait exacerber les risques de santé liés à l'environnement déjà existants, entraver les progrès récents et agir comme un facteur amplificateur des différences entre les groupes de population. L'identification de zones géographiques localisées cumulant vulnérabilités sanitaire, socioéconomique et environnementale (dont la pollution atmosphérique) pourrait se traduire par la formulation de priorités des politiques publiques visant à réduire les inégalités de santé, comme le demande explicitement la loi de santé publique de 2004. Parmi ces politiques, celles impliquant les acteurs de

l'environnement dans les systèmes de transport, l'urbanisme ou encore le logement, aux côtés des acteurs de santé publique, jouent un rôle clé. En effet, ces derniers doivent engager des actions préventives, dont l'efficacité est fortement dépendante de la collaboration avec les autres secteurs, selon l'approche « *Health In All Policies* » (HiAP). Le système de santé doit se saisir du problème grandissant des inégalités sociales ; les inégalités environnementales étant aussi de fortes contributrices aux inégalités de santé, il doit unir ses forces avec celles des autres secteurs. C'est précisément dans ce contexte que le projet Equit'Area¹ s'est développé au sein de l'École des hautes études en santé publique. Il vise à explorer la contribution de certaines pollutions et nuisances environnementales aux importantes inégalités sociales de santé qui existent en France et qui ont eu tendance à croître au cours de la dernière décennie. Projet de recherche scientifique, Equit'Area se veut aussi une plateforme pour éclairer l'action publique qui chercherait à réduire ces inégalités sociales de santé.

Références

[1] Kunst AE. Describing socioeconomic inequalities in health in European countries: an overview of recent studies. *Rev Epidemiol Santé Publique*. 2007;55(1):3-11.

[2] Dalstra JA, Kunst AE, Borell C, Breeze E, Cambois E, Costa G, et al. Socioeconomic differences in the prevalence of common chronic diseases: an overview of eight European countries. *Int J Epidemiol*. 2005;34(2):316-26.

[3] Menvielle G, Kunst AE, Stirbu I, Borrell C, Bopp M, Regidor E, et al. Socioeconomic inequalities in alcohol related cancer mortality among men: to what extent do they differ between Western European populations? *Int J Cancer*. 2007;121(3):649-55.

[4] Ellison-Loschmann L, Sunyer J, Plana E, Pearce N, Zock JP, Jarvis D, et al. Socioeconomic status, asthma and chronic bronchitis in a large community-based study. *Eur Respir J*. 2007;29(5):897-905.

[5] Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*. 2002;287(9):1132-41.

[6] Evans GW, Kantrowitz E. Socioeconomic status and health: the potential role of environmental risk exposure. *Annu Rev Public Health*. 2002;23:303-31.

[7] Abel TD. Skewed riskscapes and environmental injustice: a case study of metropolitan St. Louis. *Environ Manage*. 2008;42(2):232-48.

[8] Brown P. Race, class, and environmental health: a review and systematization of the literature. *Environ Res*. 1995;69(1):15-30.

[9] Elliott MR, Wang Y, Lowe RA, Kleindorfer PR. Environmental justice: frequency and severity of US chemical industry accidents and the socioeconomic status of surrounding communities. *J Epidemiol Community Health*. 2004;58(1):24-30.

[10] Gunier RB, Hertz A, Von Behren J, Reynolds P. Traffic density in California: socioeconomic and ethnic differences among potentially exposed children. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2003;13(3):240-6.

[11] Jerrett M, Burnett RT, Kanaroglou P, Eyles J, Finkelstein N, Giovis C, et al. A GIS – environmental justice analysis of particulate air pollution in Hamilton, Canada. *Environ Plan A*. 2001;33(6):955-73.

[12] Morello-Frosch R, Pastor M Jr, Porras C, Sadd J. Environmental justice and regional inequality in southern California: implications for future research. *Environ Health Perspect*. 2002;110 Suppl 2:149-54.

[13] Neumann CM, Forman DL, Rothlein JE. Hazard screening of chemical releases and environmental equity analysis of populations proximate to toxic release inventory facilities in Oregon. *Environ Health Perspect*. 1998;106(4):217-26.

[14] Perlin SA, Sexton K, Wong DW. An examination of race and poverty for populations living near industrial sources of air pollution. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 1999;9(1):29-48.

[15] Mitchell G. Forecasting environmental equity: air quality responses to road user charging in Leeds, UK. *J Environ Manage*. 2005;77(3):212-26.

[16] Mitchell G, Dorling D. An environmental justice analysis of British air quality. *Environ Plann A*. 2003;35(3):909-29.

[17] Brainard JS, Jones AP, Bateman IJ, Lovett AA, Fallon PJ. Modelling environmental equity: access to air quality in Birmingham, England. *Environ Plan A*. 2002;34(4):695-716.

[18] Wheeler BW, Ben-Shlomo Y. Environmental equity, air quality, socioeconomic status, and respiratory health: a linkage analysis of routine data from the Health Survey for England. *J Epidemiol Community Health*. 2005;59(11):948-54.

[19] Chaix B, Gustafsson S, Jerrett M, Kristersson H, Lithman T, Boalt A, et al. Children's exposure to nitrogen dioxide in Sweden: investigating environmental injustice in an egalitarian country. *J Epidemiol Community Health*. 2006;60(3):234-41.

[20] Norton JM, Wing S, Lipscomb HJ, Kaufman JS, Marshall SW, Cravey AJ. Race, wealth, and solid waste facilities in North Carolina. *Environ Health Perspect*. 2007;115(9):1344-50.

[21] Buzzelli M, Jerrett M, Burnett R, Finkelstein N. Spatiotemporal perspectives on air pollution and environmental justice in Hamilton, Canada, 1985-1996. *Ann Assoc Am Geographers*. 2003;93(3):557-73.

[22] Brajer V, Hall JV. Changes in the distribution of air pollution exposure in the Los Angeles basin from 1990 to 1999. *Contemp Econ Policy*. 2005;23(1):50-8.

[23] Pearce J, Kingham S, Zawar-Reza P. Every breath you take? Environmental justice and air pollution in Christchurch, New Zealand. *Environ Plan A*. 2006;38(5):919-38.

[24] Kingham S, Pearce J, Zawar-Reza P. Driven to injustice? Environmental justice and vehicle pollution in Christchurch, New Zealand. *Transportation Research Part D*. 2007;12(4):254-63.

[25] Deguen S, Zmirou-Navier D. Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality – A European review. *Eur J Public Health*. 2010;20(1):27-35.

[26] McLeod H, Langford IH, Jones AP, Stedman JR, Day RJ, Lorenzoni I, et al. The relationship between socioeconomic indicators and air pollution in England and Wales: implications for environmental justice. *Reg Environ Change*. 2000;1(2):78-85.

[27] Briggs D, Abellan JJ, Fecht D. Environmental inequity in England: small area associations between socioeconomic status and environmental pollution. *Soc Sci Med*. 2008;64(10):1612-29.

[28] Naess O, Piro FN, Nafstad P, Smith GD, Leyland AH. Air pollution, social deprivation, and mortality: a multilevel cohort study. *Epidemiology*. 2007;18(6):686-94.

[29] Nafstad P, Håheim LL, Wisløff T, Gram F, Oftedal B, Holme I, et al. Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ Health Perspect*. 2004;112(5):610-5.

[30] Rotko T, Kousa A, Alm S, Jantunen M. Exposures to nitrogen dioxide in EXPOLIS-Helsinki: microenvironment, behavioral and sociodemographic factors. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001;11(3):216-23.

[31] Rotko T, Koistinen K, Hänninen O, Jantunen M. Socio-demographic descriptors of personal exposure to fine particles (PM_{2.5}) in EXPOLIS Helsinki. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2000;10(4):385-93.

[32] Forastiere F, Stafoggia M, Tasco C, Picciotto S, Agabiti N, Cesaroni, et al. Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: differential exposure or differential susceptibility. *Am J Ind Med*. 2007;50(3):208-16.

[33] Laurian L. Environmental injustice in France. *J Environ Planning Manage*. 2008;51(1):55-79.

[34] Havad S, Deguen S, Zmirou-Navier D, Schillinger C, Bard D. Traffic-related air pollution and socioeconomic status: a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale. *Epidemiology*. 2009;20(2):223-30.

[35] Rey G, Fouillet A, Bessemoulin P, Frayssinet P, Dufour A, Jouglu E, et al. Heat exposure and socioeconomic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality. *Eur J Epidemiol*. 2009;24(9):495-502.

[36] O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi I, Levy JJ, Cohen AJ, Gouveia N, et al. Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods. *Environ Health Perspect*. 2003;111(16):1861-70.

[37] 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(8):665-75.

[38] Rios R, Poje GV, Detels R. Susceptibility to environmental pollutants among minorities. *Toxicol Ind Health*. 1993;9(5):797-820.

[39] Sexton K, Hattis D. Assessing cumulative health risks from exposure to environmental mixtures – three fundamental questions. *Environ Health Perspect*. 2007;115(5):825-32.

[40] Havad S, Pédrone G, Deguen S, Schillinger C, Ségala C, Rivière, E, et al. Air pollution and myocardial infarction – a small-area case crossover in Strasbourg, France. Influence of individual and area characteristics. *Epidemiology* 2008;19(6):5197.

[41] Filleul L, Baldi I, Dartigues JF, Tessier JF. Risk factors among elderly for short term deaths related to high levels of air pollution. *Occup Environ Med*. 2003;60(9):684-8.

[42] Filleul L, Rondeau V, Cantagrel A, Dartigues JF, Tessier JF. Do subject characteristics modify the effects of particulate air pollution on daily mortality among the elderly? *J Occup Environ Med*. 2004;46(11):1115-22.

[43] Laurent O, Pedrono G, Segala C, Filleul L, Havad S, Deguen S, et al. Air pollution, asthma attacks, and socioeconomic deprivation: a small-area case-crossover study. *Am J Epidemiol*. 2008;168(1):58-65.

[44] Laurent O, Pedrono G, Filleul L, Segala C, Lefranc A, Schillinger C, et al. Influence of socioeconomic deprivation on the relation between air pollution and beta-agonist sales for asthma. *Chest*. 2009;135(3):717-23.

¹ <http://www.equitarea.org/>