

Niveau socio-économique, pollution atmosphérique et santé : quelles approches méthodologiques ?

Par Olivier LAURENT et Denis BARD

Laboratoire d'études et de recherche en environnement et santé,
École nationale de la santé publique,
Rennes

Au cours des vingt dernières années, de très nombreux travaux de recherche ont été consacrés à la question des inégalités sociales de santé [1]. Globalement, ceux-ci ont mis en évidence que les populations socio-économiquement défavorisées étaient davantage touchées que les populations plus aisées par de nombreux problèmes de santé. Il a notamment été observé, de manière remarquablement convergente, que les taux de certaines maladies cardio-vasculaires (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux), respiratoires (asthme sévère, cancer du poumon, bronchopneumopathie chronique obstructive), et de mortalité liée à ces maladies augmentaient graduellement des populations les plus aisées vers les plus défavorisées. Le même constat prévaut pour les naissances prématurées. Autant d'atteintes sanitaires pour lesquelles la pollution atmosphérique est à ce jour un facteur de risque soit avéré, soit fortement suspecté. C'est donc naturellement que se pose aujourd'hui la question de l'influence possible de la pollution atmosphérique dans les inégalités sociales observées pour ces atteintes sanitaires.

La pollution atmosphérique pourrait contribuer aux inégalités sociales de santé par deux voies potentielles [2] :

- les populations socio-économiquement défavorisées pourraient être plus fréquemment ou plus intensément exposées à celle-ci que les populations plus favorisées. Toutefois, très peu d'éléments sont disponibles à ce jour pour juger si le niveau socio-économique est un
- prédicteur de l'exposition individuelle ("réelle") à la pollution atmosphérique [3-5]. Au demeurant, plusieurs études ont montré que les concentrations ambiantes de certains polluants (dioxyde d'azote, particules totales en suspension) étaient plus élevées dans les quartiers socio-économiquement défavorisés que dans les quartiers plus aisés [6;7]. Toutefois, des résultats non concordants ont également été rapportés, en particulier par des études menées dans des villes européennes [8-10]. Ce constat est peu surprenant : on peut aisément concevoir que la distribution des concentrations ambiantes de polluants selon le niveau socio-économique des quartiers puisse ne pas être identique en tous contextes (et pour tous les polluants atmosphériques). Il en va probablement de même pour ce qui concerne la distribution des expositions individuelles selon le niveau socio-économique ;
- l'autre hypothèse évoquée est que les populations socio-économiquement défavorisées pourraient être plus sensibles à la pollution atmosphérique que les populations plus favorisées. En effet, la prévalence de nombreux facteurs fragilisants augmente généralement des populations les plus aisées vers les plus défavorisées : maladies chroniques (ex. : diabète, bronchopneumopathie chronique obstructive), addictions (tabagisme), difficultés d'accès aux soins (pouvant retarder voire empêcher le diagnostic des pathologies et leur traitement). Les influences potentielles de facteurs plus distaux comme le stress

psychosocial, une alimentation pauvre en protéines, minéraux et vitamines ou encore le patrimoine génétique ont également été évoquées [2].

La compréhension des relations entre pollution atmosphérique, niveau socio-économique des populations et santé apparaît comme une tâche complexe mais suscitant un intérêt croissant. Des études s'intéressant simultanément à ces trois facteurs ont d'ores et déjà été menées pour différents types d'atteintes sanitaires (ex. : mortalité non traumatique [11], crises

d'asthme [12], naissances prématurées [13]). Ces études ont fait appel à la quasi-totalité des méthodes habituellement employées pour étudier les relations entre pollution atmosphérique et santé : séries temporelles [14;15] et cas croisés [16] pour les relations à court terme, cohortes [11;17] et études transversales [18] pour les relations à plus long terme. Cependant, dans l'exploration de cette nouvelle problématique, les épidémiologistes sont également confrontés à d'importantes questions méthodologiques, qui sont loin d'être toutes résolues.

Mesure du niveau socio-économique

La mesure du niveau socio-économique des populations et des individus pose de nombreux problèmes conceptuels et pratiques. Le niveau socio-économique est une notion multidimensionnelle, intégrant à la fois des composantes matérielles (ex. : conditions de logement, patrimoine, revenu) et sociales (ex. : prestige relatif de la position professionnelle, soutien reçu de l'entourage social), se déclinant elles-mêmes aux niveaux individuel et contextuel (ex. : cohésion sociale dans le quartier de résidence) [19]. Les aspects individuels et contextuels du niveau socio-économique doivent être soigneusement distingués, dans la mesure où ceux-ci sont parfois associés de manière indépendante à l'état de santé des individus [1]. Il est donc clair qu'aucun indicateur socio-économique considéré isolément (ex : niveau d'études atteint, revenu moyen par foyer dans le quartier de

résidence) ne saurait suffire à décrire entièrement le niveau socio-économique d'un individu.

Concrètement, les épidémiologistes utilisent par défaut les données socio-économiques dont ils peuvent disposer. Les données socio-économiques individuelles, en particulier, sont très rarement disponibles à moins qu'elles n'aient été recueillies dans le cadre d'études spécifiques. Les études sur les relations entre pollution atmosphérique, niveau socio-économique et santé publiées à ce jour ont donc employé des indicateurs socio-économiques très hétérogènes, comme le reflètent les publications sélectionnées dans ce numéro. Cette hétérogénéité hypothèque pour l'instant la comparabilité des résultats des études publiées et a fortiori la conduite de méta-analyses [20].

Exposition différentielle à la pollution atmosphérique selon le niveau socio-économique

L'existence potentielle d'expositions différentielles selon le niveau socio-économique constitue, comme nous l'avons vu, un questionnement à part entière. C'est également un paramètre important dans le cadre des études testant l'existence d'une sensibilité différentielle à la pollution atmosphérique selon le niveau socio-économique des populations (ce qui est le cas des études analysées dans ce numéro). En effet, pour statuer sur l'existence d'une sensibilité différentielle à la pollution atmosphérique entre deux populations, il faut avoir préalablement comparé les associations entre pollution et santé dans ces deux populations pour des niveaux d'exposition similaires.

La plupart des études réalisées à ce jour sur les relations entre pollution atmosphérique et santé ont utilisé, en tant qu'indicateur d'exposition, des concentrations ambiantes de polluants moyennées dans l'espace à l'échelle de la ville. Le fait que la moyenne des expositions individuelles de la population générale soit bien corrélée dans le temps avec cet indicateur [21] a légitimé son

emploi dans le cadre d'études de séries temporelles ou cas croisés en population générale. Son emploi dans le cadre d'études de cohorte a été davantage critiqué [22].

On peut s'interroger sur la pertinence de cet indicateur pour caractériser l'exposition d'une population spécifique (ex. : la plus défavorisée au plan socio-économique de la zone d'étude considérée). En effet, on ne peut à ce jour exclure que, pour une concentration moyenne "ville entière" donnée, il puisse exister des disparités d'exposition à la pollution atmosphérique selon le niveau socio-économique des individus [4] ou de leurs zones de résidence [22].

Différents facteurs pourraient contribuer à générer de telles disparités. Rappelons que des variations spatiales des concentrations ambiantes de certains polluants ont été documentées au sein de nombreuses villes (et que ces concentrations se sont parfois révélées corrélées au niveau socio-économique des quartiers [6]). D'autres facteurs pourraient plausiblement influencer dans le sens de plus fortes expositions des populations socio-

économiquement moins favorisées : tabagisme passif [23], concentrations plus élevées de polluants atmosphériques sur le lieu de travail (ex : activités de bâtiment et travaux publics à proximité immédiate du trafic automobile, activités industrielles génératrices d'émanations toxiques) et à l'intérieur des habitats (influence des types d'équipements et de combustibles utilisés pour la cuisson des aliments ou le chauffage des locaux [24]). Enfin, il existe des différences notables de budgets espace-temps selon les catégories socioprofessionnelles des individus (notamment pour ce qui concerne le temps passé à domicile) [25], qui pourraient également contribuer à générer des disparités d'exposition.

Plusieurs auteurs ont souhaité tenir compte, dans leurs études, des différences potentielles d'exposition selon le niveau socio-économique des populations, ou plutôt des différences de concentrations ambiantes de polluants prévalant sur le lieu de résidence principale des sujets. Les méthodes d'estimation de l'exposition employées à cette fin (interpolation géostatistique de données de

station de mesure [11], définition de zones d'exposition "homogènes" autour de celles-ci [14], mesures de densité de trafic routier [13], modélisation déterministe [26]) présentent chacune des points forts et des limites. De façon prévisible, on constate que, pour les mesures d'exposition employées, la finesse de la résolution spatiale va rarement de pair avec celle de la résolution temporelle. Chaque auteur tend à trouver un compromis entre résolution temporelle et résolution spatiale, au regard des objectifs de son étude et du type de design employé (cohorte, séries temporelles, cas croisés...).

Il reste difficile d'apprécier à quel point ces approches ont réellement amélioré l'estimation de l'exposition, et si, le cas échéant, elles l'ont fait de manière non différentielle selon le niveau socio-économique. Fort heureusement, la plupart des auteurs discutent de manière rigoureuse les limites méthodologiques de leurs études en termes de mesure de l'exposition et restent prudents dans l'interprétation de leurs résultats quant à la sensibilité différentielle des populations.

Stratification et puissance statistique

L'étude de la sensibilité différentielle à la pollution atmosphérique selon le niveau socio-économique implique une stratification de chaque population considérée (une strate pour chaque "niveau" de l'indicateur socio-économique étudié). Par rapport à une analyse globale portant sur l'ensemble d'une population, une analyse stratifiée porte sur des sous-populations de tailles plus réduites, ce qui est de nature à lui conférer une puissance statistique moindre. En contrepartie, si le niveau socio-économique s'avérait être un bon prédicteur de l'exposition (ce qui, rappelons-le, n'est pas universellement établi), une stratification par celui-ci mènerait à une variabilité des

mesures d'exposition qui serait moindre au sein de chaque strate qu'elle ne l'est dans l'ensemble de la population. Ceci pourrait avoir pour effet de compenser en partie la perte de puissance statistique précédemment évoquée. Par ailleurs, si le niveau socio-économique était bien un facteur d'interaction dans les relations entre pollution et santé, la stratification par celui-ci pourrait favoriser la mise en évidence d'associations significatives au sein des sous-populations les plus sensibles, parfois même dans des situations où une analyse globale ne met pas en évidence d'associations significatives (l'association étant alors "diluée") [27].

Prise en compte de l'âge

Compte tenu de la difficulté à apprécier l'influence de la stratification par le niveau socio-économique en termes de puissance statistique, l'introduction d'une stratification supplémentaire par l'âge est parfois discutée (exemple de l'étude de Lin et al. [12] analysée dans ce numéro). Néanmoins, cette précaution est parfois nécessaire, en particulier dans le cas des populations comportant des personnes âgées. En effet, l'espérance de vie diffère de façon parfois importante entre sous-populations de niveaux socio-économiques contrastés. Ainsi, au sein

d'une même ville, ces sous-populations peuvent présenter des distributions d'âge très différentes. Pour pouvoir prétendre effectuer des comparaisons valides entre sous-populations contrastées au plan socio-économique, il est nécessaire de considérer des sujets comparables sur le plan de l'âge (voire du sexe). À titre d'exemple caricatural, il n'y aurait que peu de sens de comparer quel sujet est le plus sensible à la pollution atmosphérique entre un trentenaire pauvre et un octogénaire nanti.

Perspectives

L'abord de cette nouvelle problématique implique de nombreux défis, appelant nécessairement des projets de recherche ambitieux (mais dont les retombées seront

précieuses dans un processus décisionnel intégrant, parmi ses objectifs, la réduction des inégalités de santé).

Compte tenu des interrogations sur les conséquences de la stratification par le niveau socio-économique en termes de puissance statistique et des obstacles prévisibles concernant la conduite de méta-analyses (hétérogénéité des indicateurs socio-économiques et d'exposition selon les études), le moyen le plus sûr de parvenir à terme à des conclusions pertinentes et robustes semble être d'entreprendre des études portant sur de larges populations. Il serait indiqué de recueillir et de tester dans ce cadre le plus grand nombre d'indicateurs socio-économiques (individuels et contextuels) possible, afin d'identifier ceux qui sont le plus fortement associés aux expositions à la pollution atmosphérique, aux atteintes sanitaires considérées et enfin à l'ampleur des relations existant entre ces deux facteurs. L'emploi dans ce cadre de méthodes statistiques multiniveaux, suggéré par O'Neill, permettrait une exploration rigoureuse des influences propres des variables socio-économiques individuelles et contextuelles [2].

Dans l'immédiat, la réalisation d'études exploratoires permet de soulever de nouveaux questionnements et d'identifier les approches méthodologiques les plus pertinentes pour l'étude d'une problématique en plein essor. À titre d'exemple, une étude française en cours (le projet Paisarc) étudie les relations entre pollution atmosphérique ambiante, niveau socio-économique contextuel et deux types d'atteintes sanitaires (crises d'asthme et infarctus du myocarde) dans la Communauté Urbaine de Strasbourg [28;29]. Cette étude utilise des données de pollution atmosphérique ambiante produites à l'aide d'un modèle déterministe. La résolution spatio-temporelle fine de ces données de pollution (quartier Iris de l'Insee/heure) permet notamment la réalisation d'études cas croisés à fine échelle géographique. Les résultats de cette étude exploratoire permettront de juger de la valeur ajoutée de cette approche et de l'intérêt de son extension à d'autres contextes.

Références

- [1] Goldberg M, Melchior M, Leclerc A, Lert F. [Epidemiology and social determinants of health inequalities]. *Rev Épidémiol Santé Publique* 2003 Sep;51(4):381-401.
- [2] O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi I, Levy JI, Cohen AJ, Gouveia N, *et al.* Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods. *Environ Health Perspect* 2003 Dec;111(16):1861-70.
- [3] 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 May;11(3):216-23.
- [4] Rotko T, Koistinen K, Hanninen O, Jantunen M. Sociodemographic descriptors of personal exposure to fine particles (PM_{2.5}) in Expolis Helsinki. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2000 Jul;10(4):385-93.
- [5] Pellizzari ED, Perritt RL, Clayton CA. National human exposure assessment survey (NHEXAS): exploratory survey of exposure among population subgroups in EPA Region V. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1999 Jan;9(1):49-55.
- [6] 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 Mar;60(3):234-41.
- [7] Jerrett M, Burnett R, Kanaroglou P, Eyles J, Finkelstein N, Giovis C, *et al.* A GIS-environmental justice analysis of particulate air pollution in Hamilton, Canada. *Environ Planning, A* 2001;33:955-73.
- [8] Nafstad P, Haheim LL, Wisloff T, Gram F, Oftedal B, Holme I, *et al.* Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ Health Perspect* 2004 Apr;112(5):610-5.
- [9] Forastiere F, Stafoggia M, Tasco C, Picciotto S, Agabiti N, Cesaroni G, *et al.* Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: differential exposure or differential susceptibility. *Am J Ind Med* 2007 Mar;50(3):208-16.
- [10] Strohm E, Oudin A, Gustafsson S, Pilesjö P, Harrie L, Stromberg U, *et al.* 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 Nov 16;4:30:30.
- [11] Finkelstein MM, Jerrett M, DeLuca P, Finkelstein N, Verma DK, Chapman K, *et al.* Relation between income, air pollution and mortality: a cohort study. *CMAJ* 2003 Sep 2;169(5):397-402.
- [12] Lin M, Chen Y, Villeneuve PJ, Burnett RT, Lemyre L, Hertzman C, *et al.* Gaseous air pollutants and asthma hospitalization of children with low household income in Vancouver, British Columbia, Canada. *Am J Epidemiol* 2004 Feb 1;159(3):294-303.
- [13] Ponce NA, Hoggatt KJ, Wilhelm M, Ritz B. Preterm birth: the interaction of traffic-related air pollution with economic hardship in Los Angeles neighborhoods. *Am J Epidemiol* 2005 Jul 15;162(2):140-8.

- [14] Jerrett M, Burnett RT, Brook J, Kanaroglou P, Giovis C, Finkelstein N, *et al.* Do socioeconomic characteristics modify the short term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. *J Epidemiol Community Health* 2004 Jan;58(1):31-40.
- [15] Cakmak S, Dales RE, Judek S. Do gender, education, and income modify the effect of air pollution gases on cardiac disease? *J Occup Environ Med* 2006 Jan;48(1):89-94.
- [16] Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J. Individual-level modifiers of the effects of particulate matter on daily mortality. *Am J Epidemiol* 2006 Mar 22.
- [17] Finkelstein MM, Jerrett M, Sears MR. Environmental inequality and circulatory disease mortality gradients. *J Epidemiol Community Health* 2005 Jun;59(6):481-7.
- [18] Jerrett M, Buzzelli M, Burnett RT, DeLuca PF. Particulate air pollution, social confounders, and mortality in small areas of an industrial city. *Soc Sci Med* 2005 Jun;60(12):2845-63.
- [19] Braveman PA, Cubbin C, Egerter S, Chideya S, Marchi KS, Metzler M, *et al.* Socioeconomic status in health research: one size does not fit all. *JAMA* 2005 Dec 14;294(22):2879-88.
- [20] Laurent O, Bard D, Filleul L, Segala C. Effect of socioeconomic status on the relation between atmospheric pollution and mortality: A review. *Journal of Epidemiology and Community Health* (In press) 2007.
- [21] Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Tertre A, Medina S, *et al.* Programme de Surveillance Air et Santé 9 villes. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain- phase II. 2002.
- [22] Finkelstein MM. Pollution-related mortality and educational level. *JAMA* 2002 Aug 21;288(7):830.
- [23] Janson C, Kunzli N, de MR, Chinn S, Jarvis D, Svanes C, *et al.* Changes in active and passive smoking in the European Community Respiratory Health Survey. *Eur Respir J* 2006 Mar;27(3):517-24.
- [24] Evans GW, Kantrowitz E. Socioeconomic status and health: the potential role of environmental risk exposure. *Annu Rev Public Health* 2002;23:303-31.
- [25] CIBLEX: banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. Co-édition ADEME-IRSN, editor. [Ref 4773]. 2003. Ref Type: Data File.
- [26] 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 Nov;59(11):948-54.
- [27] Romieu I, Ramirez-Aguilar M, Moreno-Macias H, Barraza-Villarreal A, Miller P, Hernandez-Cadena L, *et al.* Infant mortality and air pollution: modifying effect by social class. *J Occup Environ Med* 2004 Dec;46(12):1210-6.
- [28] Laurent O, Segala C, Pedrono G, Rivière E, Schillinger C, Rouil L, *et al.* The PAISA Project: studying the Relationships between air pollution, socioeconomic status and asthma attacks. ISEA-ISEE Int'l Conf, Paris sept 2006. *Epidemiology* 2006;17(6):suppl: S 96.
- [29] Havard S, Deguen S, Bodin J, Segala C, Rivière E, Rouil L, *et al.* The PAISIM project: relationship between short-term exposures to air pollution, socioeconomic inequalities and onset of myocardial infarction. ISEA-ISEE Int'l Conf, Paris sept 2006. *Epidemiology* 2006;17(6):suppl: S 255.