

## Pollution atmosphérique particulaire, facteurs socio-économiques et mortalité dans les différents quartiers d'une ville industrielle

### **Particulate air pollution, social confounders, and mortality in small areas of an industrial city**

Jerrett M, Buzzelli M, Burnett RT, DeLuca PF.  
Soc Sci Med 60;2005:2845-63.

Analyse commentée par  
Hélène Prouvost<sup>1</sup> et Hakim Cherigui<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatoire régional de santé Nord – Pas-de-Calais, Lille

<sup>2</sup> Atmo Nord – Pas-de-Calais, Lille

#### ■ Contexte

La problématique des particules et des effets d'une exposition chronique sur la santé est un sujet qui mobilise de nombreux chercheurs et répond à une demande croissante d'informations de la part des décideurs. Les études de cohorte sont considérées comme une méthode de référence pour l'étude de l'impact de l'exposition à long terme de la pollution atmosphérique sur la santé. En dehors du fait qu'elles sont longues et coûteuses à mettre en place, ce qui explique en partie le peu d'études publiées, elles font l'objet de critiques concernant la non représentativité des populations étudiées, le manque de contrôle des variables écologiques à une échelle pertinente, la durée du suivi et le contrôle inadéquats des autocorrélations spatiales. Les études transversales écologiques, où l'unité d'observation n'est pas l'individu mais un groupe de personnes, proposent une alternative intéressante aux études de cohortes. L'étude présentée dans cet article fait partie d'un programme de recherche visant à utiliser les différentes méthodes épidémiologiques disponibles (série temporelle, cohorte,

étude transversale) pour étudier le lien entre facteurs sociaux, pollution atmosphérique et santé dans la ville canadienne de Hamilton dans l'Ontario.

#### ■ Résumé de l'étude

##### Objectif

L'objectif de cette étude est de répondre à la question suivante : "Existe-t-il un lien significatif entre l'exposition chronique à une pollution atmosphérique particulaire et la mortalité après prise en compte des déterminants sociaux?". Cette question porte sur le lien triangulaire entre exposition à la pollution atmosphérique, effets sanitaires et facteurs sociaux.

##### Matériels et méthode

L'analyse a été menée sur les ratios de taux standardisés de mortalité toutes causes hors causes accidentelles, mortalité prématurée (chez les moins de 75 ans), mortalité pour causes cardio-respiratoires et mortalité par cancer (toutes localisations) séparément pour les deux sexes. Les ratios de mortalité (CMF) ont été construits pour la période 1985-1994 et pour chaque îlot (secteur de recensement) de la ville de Hamilton. L'exposition de la population aux particules a été estimée à partir des moyennes annuelles en particules totales en suspension (TSP) mesurées par 23 stations du réseau de

surveillance de la ville entre 1985 et 1994. Les données de concentrations moyennées sur 10 ans ont ensuite été interpolées en des méthodes géostatistiques (krigeage), afin d'attribuer à chaque îlot un niveau d'exposition moyen.

Les données socio-économiques et démographiques sont issues du recensement national du Canada pour l'année 1991, année qui correspond au milieu de la période d'étude. Elles ont permis de construire, à l'échelle de l'îlot, deux types d'indicateurs sociaux : des facteurs décrivant la composition de l'îlot (pourcentage de personnes mariées, pourcentage d'ouvriers, niveau d'études, revenu) et des facteurs décrivant le contexte dans lequel vivent les personnes de l'îlot (la valeur du logement, une mesure des inégalités de revenus et le pourcentage de ménages à faibles revenus). Dans l'analyse, ont aussi été pris en compte le pourcentage d'immigrants récents (pour contrôler l'effet "immigrant sain" observé au Canada, des études ayant mis en évidence l'existence d'un meilleur état de santé chez les immigrants récents par rapport à la population générale), le pourcentage de déménagements depuis moins d'un an, la mobilité journalière (trajets entre le lieu de résidence et le lieu de travail). Au total, 20 variables socio-économiques ont été construites. Le tabagisme a été pris en compte sous la forme du pourcentage de fumeur par îlot extrapolé à partir d'une enquête réalisée à Hamilton en 1993-1994.

L'analyse statistique s'est déroulée en plusieurs étapes : la première visait à confirmer le caractère confondant de chaque variable socio-économique dans la relation entre mortalité (CMF) et exposition aux particules, par une régression linéaire. Les variables entraînant une variation de la relation de plus de 10 % ont ensuite été introduites dans un modèle final incluant des termes d'autocorrélation spatiale. Puis, en raison de la forte colinéarité des variables explicatives, la stratégie alternative des auteurs a été de mettre dans le modèle les 5 premières composantes issues d'une analyse en composantes principales (ACP) et résumant l'ensemble des 20 variables socio-économiques ainsi qu'une composante supplémentaire basée sur les variables de revenus (en raison du fort impact de ce facteur sur la relation étudiée). Les résultats sont présentés sous forme de risques relatifs calculés pour un écart interquartile (percentile 25 au percentile 75, soit une différence de  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des niveaux de particules et pour l'étendue (soit une différence de  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la distribution des niveaux de particules des îlots.

## Résultats

De façon générale, les taux de mortalité toutes causes, de mortalité prématurée, de mortalité cardio-respiratoire et de mortalité par cancer étaient plus importants dans les îlots dans lesquels les niveaux de particules étaient

plus élevés. Après prise en compte des variables socio-économiques dans les modèles de régression multiple, le risque relatif chez les hommes varie de 1,07 pour la mortalité toutes causes à 1,12 pour la mortalité cardio-respiratoire (pour une augmentation équivalente à l'écart interquartile). Il est statistiquement significatif pour toutes les causes étudiées, à l'exception de la mortalité toutes causes pour laquelle il est à la limite de la significativité. Pour les femmes, les risques relatifs estimés pour l'interquartile varient de 1,08 à 1,10 (1,29 à 1,40 pour l'étendue), mais ne sont statistiquement significatifs que pour la mortalité prématurée et la mortalité par cancer. Les résultats basés sur les indicateurs socio-économiques issus de l'ACP sont un peu différents mais cohérents avec ceux observés dans les modèles de régression multiple.

## ■ Commentaires et conclusions des analystes

L'étude présentée dans cet article fait partie d'un vaste programme de recherche étudiant les déterminants environnementaux et sociaux de santé à l'échelle locale. La question de la pollution atmosphérique a été traitée par différentes méthodes épidémiologiques et l'étude de Jerrett était plus orientée sur la prise en compte des variables socio-économiques que sur le long terme. En effet, la notion de long terme est inhérente au choix de la méthode épidémiologique (étude transversale d'une période de 10 ans). Par conséquent, dans l'article, et particulièrement dans les parties "matériels et méthode" et "résultats", les auteurs s'étendent longuement sur la prise en compte des variables socio-économiques et peu sur l'exposition de la population aux polluants qui est une étape délicate dans les études sur le long terme.

## Estimation de l'exposition

Les auteurs de l'étude ont effectué un travail important pour obtenir le maximum d'informations sur chaque îlot. Ils ont utilisé des méthodes lourdes et robustes pour interpoler spatialement toutes les informations qu'ils détenaient. Le krigeage est la méthode optimale, au sens statistique du terme, d'estimation des concentrations. Cette méthode permet de déterminer les concentrations dans la zone environnant les points pour lesquels on détient une mesure, en leur attribuant un poids. Cette pondération est calculée à partir du degré de similarité entre les mesures, soit par l'étude de la covariance entre les points de mesure. Cette étude se traduit par l'élaboration d'un "semi-variogramme" qui est la moitié de la différence entre la variance totale et la covariance en fonction de la distance entre les points. Le semi-variogramme est en général ajusté par une fonction. C'est cette fonction qui permet d'obtenir des données

continues sur tout le domaine d'étude. Cet ajustement est la partie la plus délicate à mettre en place, il induit de grandes différences sur les résultats finaux. Les auteurs précisent, dans l'article, qu'ils ont conduit une analyse structurale poussée et qu'ils obtiennent une tendance de premier ordre dans la variabilité des concentrations sur le domaine d'étude. Ils précisent également qu'ils ont effectué une validation croisée de leur modèle spatial, méthode consistant à ôter temporairement des points expérimentaux, à calculer leur valeur par krigeage et à comparer les valeurs modélisées avec les valeurs effectivement mesurées.

Toute cette partie a été abordée superficiellement dans l'article. Il aurait été souhaitable que les auteurs joignent à l'article le semi-variogramme, ainsi que la formule de la fonction d'ajustement choisie et les résultats obtenus lors de la validation croisée. De plus, l'interpolation spatiale, quelle que soit la méthode employée, induit des incertitudes qui entachent la fiabilité des résultats finaux. Au même titre que l'étude de la mortalité prématurée, il aurait été intéressant d'évaluer ces incertitudes par des techniques de géostatistique non linéaire. Ces dernières permettent d'estimer zone par zone un intervalle de confiance autour de la concentration vraie mais inconnue.

Très peu d'informations sur les caractéristiques des stations de mesure nous sont communiquées dans l'article.

Enfin, en raison du choix de leur période d'étude, les auteurs n'ont pas pu construire des indicateurs de concentrations en particules fines ( $PM_{10}$  et les  $PM_{2,5}$ ) car les données n'étaient pas disponibles pour l'ensemble de la période. Ils ont dû utiliser les concentrations de particules totales en suspension et convertir ensuite leurs résultats afin de les confronter aux résultats d'autres études.

### L'étude écologique transversale

Le choix de la méthode transversale est intéressant pour prendre en compte certains facteurs confondants comme le tabagisme et les facteurs sociaux, ainsi que la variabilité intra-urbaine de l'exposition à la pollution. Il faut rappeler ici que la principale critique qui est faite aux études transversales étudiant le lien entre pollution atmosphérique et santé est l'absence de prise en

compte de la consommation de tabac, ce qui n'est pas le cas dans cette étude. Cependant, les indicateurs d'exposition à la pollution présentent des limites quant à leur représentativité. Dans ce type d'étude, l'événement de santé observé, ici la mortalité sur la période 1985-1994, est contemporain de l'exposition (niveaux de particules sur la période 1985-1994), ainsi les indicateurs de pollution ne reflètent pas l'exposition des personnes décédées en début de période. Néanmoins, le calcul du risque relatif est basé sur un contraste (interquartile ou étendue) et on peut penser qu'en dehors de modifications importantes des sources de pollution sur le territoire (fermeture d'une usine, création d'une grande voie de circulation), le contraste entre les quartiers les plus pollués et les quartiers les moins pollués est relativement constant. Ce point n'est pas discuté dans l'article. Les auteurs ne se posent pas non plus la question du biais de sélection. Ainsi, le fait que des personnes sensibles à la pollution atmosphérique soient susceptibles de s'éloigner des quartiers les plus pollués pour aller vivre dans les zones moins polluées, n'est pas discuté. Cependant, la prise en compte des facteurs sociaux (la possibilité de s'éloigner de la source de pollution dépend aussi de la situation sociale des personnes) doit limiter ce biais.

En conclusion, dans le contexte du programme de recherche dans lequel se situe cette étude et du thème de ce numéro d'Extrapol, les résultats que présente cet article sont intéressants car ils montrent que, quelle que soit la méthode épidémiologique utilisée (série temporelle, cohorte, étude transversale), un lien entre exposition à long terme à la pollution atmosphérique et mortalité est mis en évidence. Au-delà de l'exposition à long terme, cet article présente une méthodologie intéressante pour répondre à la problématique de l'impact de la pollution dans des villes industrielles. La méthode de référence actuellement proposée en France dans le cadre de l'estimation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique ne permet pas de prendre en compte les variations intra-urbaines des concentrations de polluants et des caractéristiques socio-économiques, qui sont le propre des zones industrielles. Cependant, dans l'état actuel des choses, il n'est pas possible de reproduire ce type d'étude en France car les données de mortalité ne sont pas disponibles à une échelle aussi fine et, par ailleurs, cela suppose d'avoir des données locales sur le tabagisme, ce qui est rarement le cas.