Polluants atmosphériques gazeux et hospitalisations pour asthme dans une population d'enfants issus de foyers à faible niveau socio-économique dans la ville de Vancouver, Colombie-Britannique, Canada

Gaseous air pollutants and asthma hospitalization of children with low household income in Vancouver, British Columbia, Canada

Lin M, Chen Y, Villeneuve PJ, Burnett RT, Lemyre L, Hertzman C, McGrail KM, and Krewski D.

Am J Epidemiol 2004;159:294-303.

Analyse commentée par

Mélina Le Barbier[1] et Vérène Wagner[2]

[1] Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris
[2] Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice

Contexte

L'analyse des liens entre les polluants atmosphériques gazeux et les hospitalisations pour asthme a fait l'objet de nombreuses études. De nouvelles questions émergent aujourd'hui quant à l'existence de populations à risque. La sensibilité à la pollution atmosphérique pourrait ainsi être différente selon le sexe, l'âge, l'ethnie ou le statut socio-économique (SSE).

Résumé de l'étude

Objectifs

L'objectif de cette étude est d'évaluer les associations entre les polluants gazeux et les hospitalisations pour pathologie asthmatique chez les enfants habitant Vancouver, après stratification sur le sexe et le SSE.

Méthodes

Population et zone d'étude

La population d'étude est composée d'enfants de 6 à 12 ans hospitalisés pour crise d'asthme dans la ville de Vancouver (Colombie-Britannique, Canada). Cette ville est divisée en 13 zones d'étude.

La période d'étude s'étend de 1987 à 1998.

Indicateurs et cofacteurs

L'indicateur sanitaire choisi est le nombre journalier d'hospitalisations pour crise d'asthme. Le diagnostic de crise d'asthme est reconnu s'il figure parmi les cinq premiers diagnostics d'admission du patient.

Pour chaque enfant, les données recueillies sont l'âge, le sexe, les dates d'admission et de sortie de l'hôpital et le SSE de la zone d'hospitalisation (équivalent des "bassins de vie"). Le SSE a en effet été établi pour chacune des

"zones de recensement" composant la ville de Vancouver (équivalent des Iris) à partir des données recueillies lors des recensements de 1991 et 1996. Le SSE par zone a été déterminé à partir du revenu moyen des foyers ajusté sur leur taille. Les zones sont ensuite regroupées en deux catégories selon leur SSE. Ainsi le SSE est dit faible lorsqu'il est inférieur au revenu médian de la population de Vancouver. Au contraire, il est qualifié d'élevé lorsqu'il est supérieur.

Les mesures quotidiennes des polluants atmosphériques gazeux sont effectuées dans 5 à 31 stations, entre 1987 et 1998. La concentration moyenne journalière des polluants est disponible pour le monoxyde de carbone (CO), pour le dioxyde d'azote (NO_2) et pour le dioxyde de soufre (SO_2). L'indicateur d'exposition à la pollution photo-oxydante est la valeur maximale horaire des niveaux journaliers d'ozone (O_3). Les mesures des particules $PM_{2,5}$ et PM_{10} ne sont disponibles qu'à partir de 1995. Les variables météorologiques journalières (humidité relative moyenne, températures maximales et minimales) sont également renseignées.

Modélisation

Une étude de séries temporelles est utilisée pour examiner les associations entre les polluants atmosphériques gazeux et les hospitalisations pour asthme. Un modèle additif généralisé (GAM) prenant en compte la sur-dispersion des données est employé. Les facteurs de confusion potentiels, tendance à long terme, saisonnalité, jours de la semaine, variables météorologiques sont contrôlés. La saisonnalité est prise en compte au moyen d'une fonction LOESS du jour de l'étude avec une fenêtre de 93 jours. Cette fenêtre a été sélectionnée afin de minimiser l'autocorrélation des résidus. Les variables météorologiques sont introduites dans le modèle sous forme quadratique. Pour chaque polluant gazeux, le risque relatif (RR) associé à une augmentation d'un interquartile de la concentration du polluant est calculé. L'ensemble des analyses a été réalisé à l'aide du logiciel S-Plus et de la fonction GAM. Ramsay et al. ont montré que le logiciel S-Plus peut sous-estimer la variance des paramètres du modèle s'il y a présence de concurvité dans les données. Dans une autre étude, Dominici et al. ont montré que le paramètre de convergence par défaut de la fonction GAM du logiciel S-Plus peut surestimer les RR et peut produire des écarts types trop petits. Ils ont par ailleurs observé que les GAM avec un critère de convergence plus strict permettent d'obtenir des estimations de risques plus proches de la vraie valeur. Pour déterminer si cela est le cas dans cette étude, l'analyse a été répétée avec des fonctions *splines* cubiques à la place des fonctions LOESS en utilisant 1 000 itérations et un critère de convergence de 10^{-15}. Pour les fonctions *splines* cubiques, un nœud a été utilisé tous les trois mois. Le nombre de nœuds a été déterminé afin de minimiser l'autocorrélation des résidus.

Les différents indicateurs de pollution sont introduits séparément dans le modèle comme la moyenne des concentrations des polluants entre le jour de l'admission et les 1 à 7 jours précédents. Des analyses séparées ont été conduites pour les garçons et les filles et pour les différentes catégories socio-économiques.

Résultats

Analyse descriptive

Entre 1987 et 1998, 3 754 enfants de 6 à 12 ans ont été hospitalisés pour crise d'asthme dans la ville de Vancouver. Par jour, moins d'un (0,87) enfant est hospitalisé pour cette pathologie. Les garçons représentent la majorité des enfants hospitalisés (2 331 garçons versus 1 423 filles).

Les concentrations journalières des indicateurs d'exposition (en moyenne, CO : 0,96 ppm ; SO_2 : 4,77 ppb ; NO_2 : 18,65 ppb ; O_3 : 28,02 ppb) sont relativement faibles comparées aux valeurs maximales admises sur le territoire canadien.

Modélisation

La majorité des résultats ne sont pas statistiquement significatifs et ce, quels que soient le sexe, le SSE et l'indicateur d'exposition choisis. Chez les garçons appartenant à la catégorie "faible SSE", l'exposition cumulée de 1 à 4 jours au NO_2 entraîne une augmentation statistiquement significative du nombre d'hospitalisations pour asthme. Le RR d'hospitalisation après une journée d'exposition au NO_2 est de 1,13 [1,04 ; 1,23] ; après 4 jours d'exposition cumulée au NO_2 le RR est de 1,14 [1,02 ; 1,28]. Chez les filles appartenant à la catégorie "faible SSE", l'exposition cumulée de 4 à 6 jours au SO_2 entraîne une augmentation statistiquement significative du nombre d'hospitalisations pour asthme. Le RR d'hospitalisation après 4 journées d'exposition au SO_2 est de 1,18 [1,02 ; 1,36] ; après 6 jours d'exposition cumulée au SO_2, le RR est de 1,19 [1,01 ; 1,40]. Les mêmes résultats sont obtenus chez les garçons et les filles, après introduction simultanée de ces deux polluants dans le modèle. Ces résultats ont été obtenus avec des fonctions LOESS. L'utilisation des fonctions *splines* cubiques avec des critères de convergences plus drastiques donne des résultats similaires mais avec des intervalles de confiance légèrement plus étendus.

Discussion et conclusions des auteurs

Dans cette étude, aucune association statistiquement significative n'a été mise en évidence chez les enfants de 6 à 12 ans de la ville de Vancouver entre la survenue d'hospitalisation pour asthme et les expositions au CO ou à l'O_3 et ceci, quels que soient le sexe ou le SSE. Les seuls résultats statiquement significatifs sont observés chez les garçons hospitalisés dans des zones de faible

SSE, pour une exposition de 1 à 4 jours au NO_2, ainsi que chez les filles hospitalisées dans ces mêmes zones, pour une exposition de 4 à 6 jours au SO_2.

Les auteurs citent plusieurs études sur l'évaluation du lien entre pollution atmosphérique et asthme. Mais les résultats de la littérature n'étant pas toujours cohérents, les auteurs regrettent de ne pouvoir comparer et interpréter de façon claire leurs résultats. La mise en évidence d'associations entre l'indicateur sanitaire et les niveaux de NO_2 ou SO_2 (malgré les faibles concentrations) peut être expliquée par les particularités géographiques et météorologiques de la zone d'étude, située entre mer et montagne. La forte corrélation de ces deux indicateurs de pollution atmosphérique rend par ailleurs difficile l'indentification du polluant responsable des effets sanitaires observés.

Les auteurs soulignent qu'une des limites de cette étude est l'effet confondant des PM dans l'association entre les polluants gazeux et les hospitalisations pour asthme. Les niveaux de PM ne sont disponibles que sur une période de trois ans (1995-1998). Restreindre l'étude à cette seule période réduit considérablement la puissance statistique de l'étude. Une analyse restreinte a tout de même été effectuée. Aucune association n'est alors statistiquement significative, avec ou sans ajustement sur les particules.

Les auteurs citent plusieurs études sur les éventuels effets modificateurs du SSE sur la santé. Toutes ces études ont constaté un plus grand nombre d'hospitalisations ou une plus forte mortalité chez les patients ayant un faible SSE. Ce dernier est identifié comme étant lui-même un facteur de risque d'asthme : plus le SSE est faible, plus le risque de pathologie asthmatique augmente.

En conclusion, les auteurs soulignent que chez les personnes ayant un faible SSE, l'effet du NO_2 a été mis en évidence chez les garçons et l'effet du SO_2 chez les filles. Cependant la puissance de cette étude n'est pas suffisante pour mettre en évidence une réelle différence par sexe.

Commentaires et conclusions des analystes

La problématique de l'existence de populations "à risque" ou d'effets modificateurs du statut socio-économique tend à être de plus en plus étudiée en santé publique environnementale. Un faible SSE entraînerait une sensibilité particulière à la pollution atmosphérique. Comme le soulignent les auteurs, on peut légitimement penser qu'un SSE élevé est lié à de meilleures conditions de vie et donc à un meilleur état de santé. L'action conjointe de plusieurs facteurs liés à de mauvaises conditions de vie (infection virale, tabagisme, poussières) sont autant de facteurs contribuant individuellement à l'augmentation de la survenue d'asthme. Une association entre aéroallergènes et pollution atmosphérique pourrait ainsi par exemple entraîner une potentialisation des effets. Le SSE est un indicateur faisant référence à différentes variables telles que le niveau social, les revenus, le niveau d'éducation ou encore les conditions de vie. Dans cette étude, la détermination des catégories socio-économiques est basée sur des critères uniquement économiques (les revenus). On peut regretter que d'autres déterminant sociaux importants aient été négligés (taux de chômage, niveau d'éducation). De plus, une analyse par zones aurait permis un examen plus précis des disparités géographiques pour répondre davantage à l'objectif de cette étude. Le regroupement des SSE en deux catégories est peut-être lié à une certaine homogénéité sociale de la population étudiée ? Il est dommage que les auteurs n'aient pas plus étayé leurs choix à ce sujet.

Expliciter la création des indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique aurait été nécessaire (variation du nombre de stations de mesure par polluant entre le début et la fin de l'étude, corrélation des mesures entre stations). Les auteurs ne fournissent aucune analyse descriptive de ces indicateurs et aucun renseignement sur le nombre de stations de mesure des particules.

Le type d'approche retenu dans cette étude est celui des analyses de séries temporelles qui consiste à relier les variations à court terme de l'indicateur de l'état de santé d'une population à celles d'un indicateur d'exposition de cette population à la pollution atmosphérique. La modélisation prend en compte certains cofacteurs pouvant biaiser les estimations : tendance, saisonnalité, jours de la semaine et paramètres météorologiques. Cependant, les auteurs auraient également pu ajuster sur d'autres cofacteurs classiquement évoqués dans ce type de modélisation comme les épidémies de grippe, les vacances scolaires ou les comptes polliniques. Par ailleurs, les variables météorologiques ont été introduites dans le modèle sous forme quadratique. Il aurait été préférable de les inclure dans le modèle à l'aide de fonctions LOESS ou des fonctions *splines* cubiques. Les problèmes de convergence rencontrés lors de l'utilisation du logiciel S-Plus sont discutés par les auteurs. On peut regretter cependant l'absence des résultats obtenus à l'aide des fonctions *splines* cubiques.

Les auteurs modélisent tous les décalages de 1 à 7 jours entre l'exposition à la pollution atmosphérique et l'effet sanitaire. Les résultats sont discutés en fonction de la valeur des RR et de leurs intervalles de confiance. Ce choix est fortement critiquable car le décalage optimal entre l'exposition et la survenue de l'événement sanitaire n'est ni choisi sur des critères statistiques, ni sur des critères biologiques. Actuellement il semblerait préférable de fixer ce décalage en vue de comparer ces résultats à la littérature, ou encore d'avoir recours à des modèles avec retards polynomiaux.

Le peu de résultats statistiquement significatifs n'est pas discuté par les auteurs. Le faible nombre d'événements journaliers et la stratification faite à la fois sur l'âge et sur le SSE pourrait l'expliquer. Les effectifs sont faibles avec moins d'une hospitalisation pour asthme en moyenne par jour. La stratification entraîne une diminution de cet effectif déjà faible. Il aurait été intéressant d'avoir une analyse stratifiée uniquement sur le SSE. Cela correspondait à l'objectif de l'étude et aurait entraîné une augmentation des effectifs dans chaque strate d'analyse.

Cette étude donne peu de véritables réponses à la question posée. Le manque de puissance et l'absence de certaines analyses stratifiées uniquement sur le sexe ou le statut socio-économique limitent l'interprétation des résultats. Mais au-delà des limites inhérentes à l'étude, cette analyse participe à renforcer l'idée qu'un faible statut socio-économique tendrait à fragiliser les populations et à favoriser le développement de pathologies asthmatiques liées à la pollution atmosphérique.

Sur le même sujet :

Dans ce numéro, un autre article explorant les effets modificateurs du SSE dans la relation à court terme pollution atmosphérique-santé au Canada est analysé (ville de Hamilton). La situation géographique y est similaire (mer-montagne), mais l'indicateur sanitaire utilisé est la mortalité journalière et la détermination du statut socio-économique est plus complète : Jerrett M, Burnett RT *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;58;31-40.