

Pollution particulaire et santé : un bilan de l'expérience de la vallée de l'Utah, USA

Particulate pollution and health : a review of the Utah valley experience

Arden Pope C, III. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1996; 6(1):23-34

Analyse commentée par

Mariam Meybeck¹ et Laurent Filleul²

¹ Observatoire régional de l'air de Midi-Pyrénées, Toulouse

² Institut de veille sanitaire, Saint Maurice

Problématique

La vallée de l'Utah comprenait 188 000 personnes en 1990. Cette zone située à 1 402 mètres d'altitude, souvent soumise à des inversions de température en hiver, était caractérisée par la présence d'une aciérie représentant la source principale de pollution. Elle a fait l'objet de nombreux travaux épidémiologiques. Ces études ont porté plus précisément sur l'impact sanitaire de l'arrêt d'activité du site industriel durant une année, suite à une grève ayant entraîné une diminution des PM₁₀ émises par l'usine. La population était répartie sur quelques communes de la vallée, à l'est de l'usine.

Résumé

Objectifs

Il s'agit d'une revue de la littérature concernant l'ensemble des études publiées sur la vallée de l'Utah,

spécifiquement. Les objectifs de ces différentes études étant d'évaluer les associations entre divers indicateurs de santé et la pollution par les PM₁₀, dans la région, notamment durant l'année de fermeture de l'usine mais également avant et après la grève.

Méthodes

L'aciérie a été fermée pendant 13 mois, du 1^{er} août 1986 au 1^{er} septembre 1987, avec pour conséquence une réduction substantielle des niveaux de pollution particulaire dans l'air ambiant.

La mesure des PM₁₀ a été réalisée selon la méthode de référence de l'EPA, sur trois sites de mesures proches de l'usine et répartis sur trois communes : Lindon, Provo et Orem. Les niveaux moyens de PM₁₀ étaient assez uniformes, quasiment égaux sur les sites d'Orem et de Lindon, et 15 à 20 % plus faibles sur le site de Provo. Les variations journalières en PM₁₀ des trois sites de mesures étaient très bien corrélées entre elles ($R > 0,95$).

Les concentrations en dioxyde de soufre (SO₂), en ozone (O₃) et en aérosol d'acidité forte sont relativement faibles et/ou non corrélées positivement avec la pollution particulaire.

Les effets sanitaires des PM₁₀ ont d'abord été étudiés par des travaux épidémiologiques incluant l'année d'arrêt de l'usine. L'approche utilisée était le plus souvent celle des études de série temporelle. Différents effets sanitaires ont été étudiés dans les 14 études recensées par la revue : fonction pulmonaire et

incidence des cancers du poumon, prévalence des symptômes respiratoires, absentéisme scolaire, mortalités respiratoire et cardio-vasculaire.

Plus récemment, des études expérimentales complémentaires ont permis une investigation plus poussée des effets biologiques de la pollution particulaire issue de cette vallée. Des échantillons de poussières sur filtres avaient été collectés un an avant la fermeture, pendant et après l'année de fermeture de l'usine. Les filtres ont subi une extraction aqueuse en vue de l'analyse de leur contenu en métaux et en composés oxydants. Les extraits aqueux ont été additionnés à des cultures de cellules humaines de l'épithélium respiratoire (BEAS-2B) pendant des périodes de 2 à 24 heures. Ces mêmes solutions ont également été injectées dans les trachées de rats Sprague-Dawley.

Résultats

Sur l'ensemble des études épidémiologiques, des associations entre la mortalité journalière et les niveaux journaliers de PM_{10} ont été observées dans la vallée de l'Utah sur la période d'avril 1985 à décembre 1989. Les mortalités cardiovasculaire et respiratoire étaient particulièrement concernées.

Les résultats épidémiologiques ont également mis en évidence une réduction des admissions à l'hôpital pour causes respiratoires au cours de la fermeture de l'aciérie comparativement avec la période d'exploitation. Les admissions hospitalières pour maladies respiratoires sont fortement associées aux niveaux de PM_{10} , avec un effet majoré chez les enfants et concernant plus souvent les bronchites et l'asthme que les pneumonies et les pleurésies. Ces résultats n'ont pas été observés sur les admissions hospitalières d'une vallée voisine non exposée aux émissions de l'usine.

Plusieurs études ont également montré que les effets sanitaires dus aux particules s'étendent sur plusieurs jours après l'exposition.

Les études conduites plus récemment montrent que les PM_{10} recueillies l'année de fermeture de l'usine présentaient les concentrations les plus basses de fer soluble, de cuivre et de zinc et le nombre le plus bas d'oxydants (composés réactifs soupçonnés d'être une cause majeure des effets pulmonaires) sur l'ensemble des trois années.

De façon cohérente avec ces observations, les particules des années avant et après fermeture ont causé *in vitro* des lésions du tissu pulmonaire importantes, avec production de niveaux élevés de médiateurs de l'inflammation, par comparaison aux particules de l'année de fermeture. S'il reste difficile d'appliquer directement aux effets cliniques, les effets des particules observés *in vitro*, l'instillation des solutions polluées dans les trachées de rats a montré

également que les extraits des années avant et après la fermeture de l'usine avaient des effets bien plus importants que ceux de l'année de fermeture de l'usine.

Discussion

Pour Pope, s'il existe pour chaque étude épidémiologique recensée des limites liées à la méthodologie, la confrontation de leurs résultats fait apparaître une grande cohérence entre ces derniers. Cette cohérence est observée tant sur l'ordre de grandeur des risques estimés que sur leurs caractéristiques temporelles (délai d'apparition, durée). L'auteur discute les limites générales de ces études qui peuvent être, selon lui, de trois types.

1. La plausibilité biologique des effets observés

Les travaux publiés alors ne permettaient pas d'apporter des éléments de réponse sur les mécanismes biologiques. Néanmoins, la plausibilité biologique était supposée grâce à l'ensemble cohérent des effets respiratoires observés.

2. La méthodologie d'analyse

Néanmoins, à travers l'ensemble des études, il apparaissait difficile pour l'auteur de généraliser un biais méthodologique ou analytique, en raison de la multiplicité des indicateurs considérés et de la diversité des schémas d'étude et techniques d'analyse employés. Les résultats étant cohérents, il était difficile de dire que l'ensemble de ces résultats aurait pu être dû à un biais systématique.

3. Les facteurs de confusion

Il s'agit d'un facteur de risque simultanément associé à l'exposition et à l'indicateur de santé, qui est mal pris en compte dans les analyses et fausse la relation estimée. Les facteurs de confusion potentiels identifiés par les auteurs étaient la consommation de cigarettes, les facteurs socio-économiques, les épisodes épidémiques de maladies contagieuses tels que le VRS et les facteurs météorologiques ou d'autres polluants. Il ressortait de la discussion que les résultats observés dans la vallée de l'Utah ne pouvaient pas être biaisés par ces cofacteurs, soit parce que la méthodologie employée ne nécessitait pas un ajustement sur ces facteurs, soit parce qu'ils étaient pris en compte dans les analyses.

Commentaires

Du point de vue de l'approche expérimentale, les commentaires portent plus particulièrement sur les études conduites plus récemment. Il est intéressant que les filtres ayant recueilli les particules aient été conservés depuis le début des mesures, y compris

pendant la période de fermeture de la principale source de ce type de pollution. Les méthodes d'analyses des poussières par extraction aqueuse excluent, cependant, toute connaissance sur les composés non solubles, notamment les composés organiques volatils, hydrocarbures mono ou polycycliques qui peuvent s'avérer aussi toxiques que les métaux analysés. La gamme des métaux analysés n'est pas exhaustive, pour des raisons analytiques également, liées en particulier à la méthode d'extraction et à la limite de détection. Il aurait été, par exemple, intéressant d'étudier la présence et les effets des métaux lourds présents dans les particules.

De plus, il est reconnu actuellement que les particules plus fines que les PM_{10} , c'est-à-dire les $PM_{2,5}$, pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire. Il aurait été intéressant de connaître la part des $PM_{2,5}$ dans les PM_{10} recueillies, ainsi que leur composition, ce qui aurait permis d'affiner la recherche des causes des effets sanitaires. Le fait d'avoir utilisé la partie soluble des poussières recueillies sur les filtres, et non les particules originales, ne permet pas de connaître l'influence de la taille des particules, de leur configuration et des composés insolubles dans l'eau qu'elles contenaient.

Du point de vue de l'approche épidémiologique, de nombreux travaux ont été publiés sur la vallée de l'Utah qui constituaient, lors de leur parution, une avancée dans l'approche méthodologique des effets sanitaires de la pollution atmosphérique. Les résultats étaient cohérents avec la littérature internationale, l'ensemble des facteurs de confusion potentiels ont été pris en compte et les auteurs observent un ensemble d'effets respiratoires cohérents associés aux niveaux de PM_{10} .

Cependant, la plupart des analyses ont été réalisées au début des années 1990 et, compte tenu de la richesse des données disponibles, il serait intéressant d'appliquer les méthodes statistiques utilisées aujourd'hui (modèles additifs généralisés, méthode du case-crossover...).

Par ailleurs, la question qui se pose concerne les effets à long terme, dans cette région. Les auteurs évoquent une possible augmentation des cancers dans la zone et des études sur ce sujet seraient intéressantes à mener.

En conclusion, la situation quasi-expérimentale de la vallée de l'Utah a permis de conduire de nombreuses études qui montrent d'une façon évidente le lien entre l'exposition des personnes à la pollution particulaire et

les effets sanitaires associés recensés par les admissions hospitalières ou la mortalité. Une inconnue demeure dans les causes précises des affections respiratoires rencontrées vis-à-vis de la composition de la pollution, compte tenu de la complexité et de l'hétérogénéité des composés particuliers mis en jeu.

Cette expérience apporte donc des éléments en faveur de la causalité des effets des particules sur la santé. Elle permet également d'argumenter l'hypothèse qu'une diminution des niveaux de pollution atmosphérique peut être suivie d'une diminution d'effets adverses sur la santé.

Glossaire

PM_{10} : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns¹.

$PM_{2,5}$: particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 microns.

VRS : Virus respiratoire syncytial qui provoque des infections pseudo-grippales en particulier chez l'enfant.

¹ Se référer à la norme Afnor EN 12341

Sur le même sujet...

Cinq autres articles ont été publiés sur les effets de la même intervention. Leurs références sont les suivantes :

- Arden Pope III. *Respiratory disease associated with community air pollution and steel mill, Utah Valley. Am J Public Health 1989;79:623-8.*
- Mark W. Frampton and al. *Effects of aqueous extracts of PM_{10} filters from the Utah Valley on human airway epithelial cells. Am J Physiol 1999; 277:L960-7.*
- Janice A. Dye and al. *Acute pulmonary toxicity of particulate matter filter extracts in rats: coherence with epidemiologic studies in Utah Valley residents. Environ Health Perspect 2001; 109(3):395-403.*
- Arden Pope C, III *Respiratory hospital admissions associated with PM_{10} pollution in Utah, salt lake and cache valleys. Arch Environ Health 1991;46(2):90-7*
- Ghio AJ and al. *Inflammatory lung injury after bronchial instillation of air pollution particles. Am J Respir Crit Care Med 2001;164:704-8.*