

Effets de l'exposition personnelle aux particules sur le débit expiratoire de pointe chez les enfants asthmatiques

Effects of personal particulate matter on peak expiratory flow rate of asthmatic children

Tang C, Chang L, Lee H, Chan C.

Sci. Total Environ. 2007;382:43-51

Analyse commentée par

Bénédicte Clarisse¹ et Olivier Le Bihan²

¹ Faculté des Sciences biologiques et pharmaceutiques
Université Paris Descartes, Paris

² Institut national de l'environnement industriel
et des risques (Ineris), Verneuil-en-Halatte

Contexte

Plusieurs études épidémiologiques ont montré les relations entre la réduction de la fonction respiratoire et les niveaux ambiants de particules. À Taiwan, la prévalence de l'asthme atteignait 10,8 % en 1994, avec une élévation des cas d'asthme non contrôlés. Peu d'études ont évalué le rôle respectif des particules selon leur taille sur la dégradation de la fonction pulmonaire chez les enfants asthmatiques.

Résumé de l'étude

Objectifs

Il s'agit de tester les effets de la pollution particulaire (PM₁ à PM₁₀) sur le débit expiratoire de pointe (DEP) d'enfants asthmatiques taiwanais et de comparer les résultats entre les deux modes d'estimation des niveaux d'exposition (personnels et ambiants).

Matériels et méthodes

Principe de l'étude

Cette étude de panel a suivi en parallèle les variations de l'exposition individuelle aux particules (PM) et du DEP des participants entre 2003 et 2005. Trente enfants asthmatiques d'une même école et résidant dans un rayon de 2 km autour d'une station de surveillance de la qualité de l'air ont été recrutés. Sur une période de 14 jours, les niveaux de PM sont mesurés en continu pendant 5 jours (J1 à J5) et le débit pendant 14 jours (J1 à J14). L'asthme est diagnostiqué par un médecin.

Mesure du DEP

De J1 à J14, le DEP est mesuré au réveil et au coucher, avant tout traitement, par un appareil fourni aux participants. La valeur la plus élevée des trois mesures consécutives effectuées matin et soir est retenue.

Estimation de l'exposition à la pollution particulaire

L'exposition personnelle aux particules est estimée en continu avec un appareil portatif (Dustcheck) calibré. Les concentrations massiques de PM₁, PM_{2,5} et PM₁₀, la température ambiante et l'humidité relative sont mesurées.

Pour estimer l'exposition aux particules pendant des journées d'activités normales, un technicien par enfant porte l'appareil de 7 h à 21 h. Des informations détaillées sur les activités et le budget espace-temps de l'enfant sont

relevées. Chaque jour, les sujets indiquent les divers micro-environnements fréquentés, intérieurs et extérieurs.

En outre, les niveaux ambiants de $PM_{2,5}$ et PM_{10} sont mesurés à la station de fond de Taiwan par des analyseurs TEOM. Lors d'une étude précédente, les niveaux déterminés par le Dustcheck et le TEOM placés côte à côte, ont été comparés et jugés très concordants.

Analyse statistique

Les niveaux moyens de PM sur 24 heures du jour de mesure des DEP et des 2 jours précédents ont été calculés. Les concentrations de PM cumulées sur le jour et la veille ou les 2 jours précédents ont aussi été déterminées.

Des modèles linéaires à effets mixtes ont été utilisés pour tester l'impact des niveaux d'exposition aux particules sur le DEP, ajusté sur des données personnelles et météorologiques. L'intérêt de ces modèles est d'ajuster sur des variables fixes par des modèles à effets fixes et de tenir compte des différences entre sujets par des modèles à effets aléatoires. Plusieurs seuils de coupure granulométrique ont été testés. Les résultats sont exprimés en variation de DEP pour un interquartile d'exposition aux PM. Les modèles à effets mixtes ont été utilisés en intégrant les niveaux de PM estimés par chacun des modes de mesures. La sélection du modèle utilise la minimisation du critère d'Akaike.

Résultats

L'étude porte sur 20 garçons et 10 filles de 10 ans environ. Parmi eux, 40 % ont présenté une crise d'asthme dans l'année et 37 % sont sous traitement anti-inflammatoire. Le DEP moyen est de 240 l/min et légèrement plus élevé au coucher qu'au lever.

Durant la période d'étude, les niveaux moyens d'exposition sur une heure aux PM_{10} , $PM_{2,5}$ et PM_1 (moyenne \pm écart-type) sont respectivement de $51,8 \pm 39,5$; $34,0 \pm 28,9$; $27,8 \pm 25,3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Quelle que soit la taille des PM, les niveaux ambiants moyens de PM sont inférieurs et d'étendue plus faible que les concentrations personnelles correspondantes. Aucun des niveaux d'exposition aux $PM_{2,5}$ (ambiants ou personnels) n'excède les niveaux normatifs ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 h) des États-Unis.

Seule une faible variation du DEP au coucher est notée pour l'exposition aux particules de différentes fractions granulométriques. Un effet négatif, quoique statistiquement non significatif, sur le DEP au lever est observé pour plusieurs indicateurs d'exposition aux PM, dont l'exposition cumulée sur plusieurs jours : l'effet semble plus important pour les $PM_{2,5-10}$ que pour les $PM_{1-2,5}$ et les PM_1 . Concernant l'impact de l'exposition cumulée sur le DEP au lever, celui de l'exposition sur les 2 jours précédents est le plus élevé pour les différentes

tailles de PM ; le DEP au coucher est peu influencé par les variations d'exposition cumulée aux PM.

Aux niveaux personnels d'exposition ont été substitués les niveaux mesurés dans l'air extérieur fournis par le réseau de surveillance de la qualité de l'air. D'une part, les valeurs du critère d'Akaike indiquent une meilleure représentativité des niveaux personnels d'exposition aux PM pour expliquer les variations du DEP par rapport aux niveaux ambiants. D'autre part, quelle que soit la taille des PM, la qualité des modèles évaluée au travers du critère Akaike est meilleure avec les expositions cumulées sur les 2 ou les 3 jours précédents.

Discussion et conclusions des auteurs

L'étude utilise des niveaux personnels d'exposition aux PM de diamètre aérodynamique entre 1 et 10 μm , alors que la plupart des études évaluant l'impact de l'exposition particulière sur la fonction pulmonaire s'appuie sur des mesures de fond de PM_{10} et $PM_{2,5}$, ce qui peut conduire à de possibles erreurs de classification et donc à une sous-estimation des relations. Pour mesurer l'exposition aux PM individuelle en période d'activités normales et pour éviter les modifications d'activités par les contraintes des prélèvements, un technicien, portant le dispositif de mesure, a suivi chaque enfant ; le soir, les parents étaient chargés de placer l'appareil dans les différentes pièces où se déplaçait l'enfant et de noter ses activités. L'enquêteur confirmait les informations consignées dans le carnet individuel le lendemain. Le budget espace-temps des enfants, parce qu'ils sont scolarisés, est plus facile à suivre que celui des adultes. Le critère d'Akaike indique une meilleure représentativité des niveaux personnels pour expliquer les variations du DEP, ce qui est cohérent avec les études rapportant un impact plus fort des niveaux personnels que des niveaux des stations de fond sur le VEMS (volume expiratoire maximum en une seconde).

Les autorités de santé publique se sont surtout préoccupées d'établir des recommandations sur les particules fines ($PM_{2,5}$) et thoraciques (PM_{10}), alors que la littérature indique le rôle des différentes fractions particulières sur les modifications de la fonction pulmonaire, confirmé par cette étude. La fraction grossière se dépose préférentiellement dans la région trachéo-bronchique, alors que la fraction fine pénètre au niveau alvéolaire, à l'origine de réactions inflammatoires et d'exacerbations d'un asthme. Il existe encore peu de preuves d'un effet plus important de la fraction fine par rapport à celui de la fraction grossière.

Le travail montre une possible réduction du DEP au lever avec l'augmentation de l'exposition aux PM, rapportée pour les expositions du jour, de la veille ou de l'avant-veille aux $PM_{2,5}$ et aux PM_{10} , bien que les associations soient souvent statistiquement non significatives. Les résultats de l'étude montrent une meilleure prédiction de la chute

du DEP par des expositions cumulées aux particules que par des expositions mesurées sur une seule journée.

Dans la présente étude, le tabagisme passif touche 30 % des enfants. Or, ce facteur contribue à l'exposition personnelle aux $PM_{2,5}$ et majore le risque d'infections des voies respiratoires basses de l'enfant. L'introduction de cette variable dans le modèle mixte n'a cependant pas permis de montrer un effet sur la réduction du DEP, ce qui pourrait être lié à la faible durée d'exposition des sujets de l'étude à la fumée de tabac environnementale.

L'exposition aux PM tend à avoir des effets négatifs sur le DEP au lever, mais pas au coucher : l'étréoussesse des voies aériennes est souvent plus marquée le matin que le soir chez les sujets asthmatiques et le DEP au lever ne dépendant pas des activités quotidiennes ou des traitements pris en journée, il pourrait représenter un bon indicateur du rétrécissement des voies aériennes.

Les auteurs soulignent plusieurs limites à leur étude. Même si l'analyse tient compte de l'autocorrélation des événements et de l'effet de la température et de l'humidité relative, des polluants non mesurés pourraient aussi avoir un effet sur la réduction de la fonction pulmonaire, plutôt que les PM seules. Par ailleurs, l'étude s'appuie sur des concentrations massiques de PM : une évaluation plus fine de l'exposition personnelle, incluant les sources d'allergènes pouvant provoquer une bronchoconstriction, aurait été utile. Enfin, les enfants ont un asthme diagnostiqué par un médecin : malgré l'utilisation de modèles à effets mixtes permettant d'ajuster sur les différences entre sujets, une classification des enfants selon des critères objectifs d'asthme aurait renforcé les associations observées.

L'article montre plusieurs associations entre l'exposition personnelle aux PM et le DEP d'enfants asthmatiques, non statistiquement significatives pour la plupart. Les fractions fines et grossières pourraient contribuer aux exacerbations d'un asthme préexistant. La réduction du DEP au lever est plus nette pour l'exposition passée (2 jours avant) et cumulée au cours des 2 jours précédents.

Commentaires et conclusions des analystes

Cette étude vise à évaluer la part relative de l'exposition aux différentes fractions particulières sur la dégradation de la fonction pulmonaire d'enfants asthmatiques. Les résultats suggèrent le rôle probable de l'exposition aux PM fines et grossières sur la réduction de la fonction pulmonaire, mais les relations restent non significatives. Le travail confirme l'intérêt de l'estimation de l'exposition personnelle pour évaluer l'impact sanitaire et avance le rôle plus important de l'exposition cumulée de la veille ou des 2 jours précédents, avec l'approche intéressante de minimisation du critère d'Akaike.

Sur le plan de l'instrumentation, il est important de noter que les deux techniques de mesurage des PM ne sont pas équivalentes à la méthode de référence (gravimétrie). La microbalance TEOM fonctionne à 50 °C et sous-estime, de ce fait, la fraction volatile particulaire. Le Dustcheck est un appareil optique (compteur de PM associé à un système d'estimation de la taille) ; l'information en masse repose sur une prise d'hypothèse en matière de sphéricité et de masse volumique des PM.

En conséquence, l'exploitation des données fournies doit se faire en précisant la technique utilisée. La comparaison entre les données fournies par l'une et l'autre technique est délicate ; les auteurs la limite au constat selon lequel les concentrations sont moins élevées en site de fond.

Pour le reste, l'exploitation des données Dustcheck se fait au sein d'une base de mesure homogène (données Dustcheck), ce qui est acceptable quand elle se fait en relatif (calcul de corrélation). Sur ce point, il serait utile de disposer de plus d'indications quant aux outils mathématiques utilisés par les auteurs.

Ce n'est pas le cas si elles sont utilisées en tant que mesure absolue, car cette technique diverge par rapport à la gravimétrie : une réserve doit être faite quant à la comparaison par rapport aux valeurs limites réglementaires.

En termes de qualité de la mesure, il aurait été souhaitable de disposer, pour le Dustcheck, d'une évaluation de la dispersion intra-méthode ; ce type de technique présente en effet parfois des différences non-négligeables entre appareils identiques.

La comparaison des valeurs horaires d'exposition aux normes américaines définies sur 24 h soulève quelques interrogations.

Sur le plan méthodologique, la lourdeur de la mise en œuvre du projet est à relever (un technicien par enfant, mesure du DEP matin et soir, tenue d'un carnet journalier). Toutefois, cette étude aurait pu, sans doute, bénéficier de quelques précautions préalables. Ainsi, un calcul préalable du nombre de sujets nécessaire s'appuyant sur des études publiées aurait peut-être permis de se placer dans des conditions permettant d'observer des associations statistiquement significatives. Par ailleurs, comme souligné par les auteurs, il est possible que la classification des sujets asthmatiques présente des limites : 37 % de la population est sous traitement anti-inflammatoire, information qui semble mal exploitée. En effet, il semble que l'impact de l'exposition aux PM sur la fonction pulmonaire disparaisse chez ces patients [1,2].

Enfin, la prise en compte d'autres polluants atmosphériques dans des modèles multipolluants aurait permis de confirmer le rôle de l'exposition particulière sur la réduction du DEP. Les auteurs indiquent que les risques de confusion par les autres polluants gazeux sont particulièrement faibles pour cette étude, les valeurs

issues de la surveillance urbaine se révélant particulièrement faibles pour ces polluants durant cette période. Cela semble peu justifié : en effet, les niveaux de concentration en polluants gazeux peuvent être élevés en micro-environnement, ce qui peut entraîner des expositions individuelles relativement élevées.

Il est surprenant que le tabagisme passif n'entraîne pas d'effet détectable au niveau de l'analyse statistique :

on peut supposer que ce type de sources impacte de manière sensible les niveaux d'exposition.

Cette étude avance quelques résultats intéressants qui restent à confirmer par des analyses plus robustes sur le plan statistique. Elle suggère l'impact sanitaire des différentes fractions particulaires chez des enfants souffrant d'asthme ; les mécanismes sous-jacents restent à éclaircir.

Références bibliographiques

- [1] Trenga CA, Sullivan JH, Schildcrout JS, Shepherd KP, Shapiro GG, Liu LJ, Kaufman JD, Koenig JQ. Effect of particulate air pollution on lung function in adult and pediatric subjects in a Seattle panel study. *Chest* 2006;129(6):1614-22.
- [2] Delfino RJ, Staimer N, Gillen D, Tjoa T, Sioutas C, Fung K, George SC, Kleinman MT. Personal and ambient air pollution is associated with increased exhaled nitric oxide in children with asthma. *Environ Health Perspect.* 2006;114(11):1736-43.