

## Différentiation des effets des particules fines et des coarses sur la mortalité quotidienne à Shanghai, Chine

### *Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China*

Kan H, London SJ, Chen G, Zhang Y, Song G, Zhao N, Jiang L, Chen B.

*Bull Environ Contam Toxicol* 2007, 79:552-56.

Analyse commentée par

Pascal Fabre<sup>1</sup> et Jean-Yves Saison<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice

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

### Contexte

De nombreuses études aux États-Unis et en Europe ont mis en évidence dans les dernières années une relation à court terme entre la pollution atmosphérique particulaire et le niveau de mortalité totale, parfois de mortalité cardiovasculaire et/ou respiratoire. Cependant, essentiellement par manque de données météorologiques, peu d'entre elles ont évalué cette relation avec les PM<sub>10-2,5</sub>.

Les études réalisées dans les pays en voie de développement sur les relations à court terme entre la pollution atmosphérique particulaire et le niveau de mortalité sont encore peu nombreuses. Pourtant, les spécificités de ces pays en termes de pollution atmosphérique particulaire (composition chimique, taille et devenir des particules), ainsi que de conditions météorologiques, de pathologies locales, de pyramide des

âges et de niveau socio-économique permettraient d'améliorer nos connaissances sur l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

Rappelons que les particules en suspension sont classées en fonction de leur diamètre aérodynamique : les PM<sub>10</sub> sont celles dont le diamètre est égal ou inférieur à 10 µm, les PM<sub>10-2,5</sub>, appelées aussi coarses ou "grossières", sont de diamètre compris entre 10 µm et 2,5 µm, et les PM<sub>2,5</sub> sont de diamètre égal ou inférieur à 2,5 µm. Les PM<sub>2,5</sub> sont composées de différents types d'éléments organiques et inorganiques incluant des sulfates, des nitrates, des carbones organiques et élémentaires. A l'inverse, les PM<sub>10-2,5</sub> sont essentiellement composées de particules provenant de l'érosion de la croûte terrestre et contenant du calcium, de l'aluminium, du silicium, du magnésium, du fer et du matériel organique primaire tels que les pollens, les spores et autres débris animaux et végétaux. Cela expliquant que PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10-2,5</sub> peuvent avoir des effets toxiques différents chez l'Homme.

### Résumé de l'étude

#### Objectif

Évaluer l'effet des PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10-2,5</sub> sur le niveau journalier de mortalité à Shanghai en ajustant sur le niveau de pollution à l'ozone et les autres facteurs potentiels de confusion, tel est l'objectif de l'étude.

## Matériels et méthodes

Il s'agit d'une étude écologique de séries temporelles ayant pour but d'évaluer les effets des  $PM_{2,5}$  et  $PM_{10-2,5}$  sur la mortalité journalière en milieu urbain. Cette étude a été réalisée dans la zone d'habitat traditionnel de Shanghai couvrant une surface 289 km<sup>2</sup> qui regroupait 6 millions d'habitants en 2004.

Les données de mortalité (excluant les décès accidentels) de la zone ont été collectées sur 668 jours entre mars 2004 et décembre 2005. Elles ont été fournies par le système officiel d'enregistrement des décès à Shanghai.

Les concentrations horaires ambiantes de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10-2,5}$  et d'ozone ont été fournies quotidiennement par une station de mesure classée comme station urbaine de fond. Les niveaux de  $PM_{10-2,5}$  ont été obtenus par soustraction des concentrations de  $PM_{2,5}$  à celles des  $PM_{10}$ . Les niveaux moyens sur 24 heures de ces polluants ont été utilisés comme indicateurs journalier de la pollution particulaire. Les données manquantes n'ont pas été remplacées. Les valeurs moyennes quotidiennes ont été calculées si 75 % des valeurs horaires étaient présentes.

Sur le plan statistique, les liens entre les niveaux des indicateurs de pollution atmosphérique et les effectifs journaliers de décès ont été étudiés au moyen de méthodes d'analyse de séries temporelles faisant appel à des régressions de Poisson prenant en compte la surdispersion des données et utilisant des modèles additifs généralisés (GAM). La tendance à long terme, les variations saisonnières, les niveaux moyens quotidiens de température et d'humidité relative ont été pris en compte au moyen de fonctions *spline* pénalisées dont les paramètres de lissage ont été sélectionnés en minimisant l'autocorrélation des résidus.

Les indicateurs de pollution atmosphérique ont été introduits séparément dans chaque modèle (modèles mono-polluants), sous forme d'un terme linéaire correspondant au niveau moyen du polluant le jour même et de la veille (indicateur 0-1 jour). A noter, de plus, que l'indicateur de pollution par l'ozone, moyenne des valeurs horaires mesurées entre 10 et 18 heures, ainsi que le jour de la semaine, ont été introduits dans le modèle comme facteurs de confusion potentiels sous forme de variables qualitatives indépendantes.

Les résultats ont été présentés comme la variation du nombre de décès quotidiens exprimée en %, pour une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> de l'indicateur de pollution particulaire.

## Résultats

Un total de 79 500 cas de décès a été enregistré sur cette période de 668 jours correspondant à 119 décès par jour en moyenne dont 46 par cause cardio-vasculaire et 13 par cause respiratoire : les causes cardio-pulmonaires représentent ainsi 49,4 % du total de ces décès.

Les niveaux moyens de concentration de  $PM_{2,5}$  et  $PM_{10-2,5}$  durant cette étude étaient de 56,4 µg/m<sup>3</sup> et 52,3 µg/m<sup>3</sup>, respectivement. Les auteurs notent que les niveaux de  $PM_{2,5}$  sont bien supérieurs au niveau recommandé par l'OMS, qui est de 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle et de 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 24 heures.

Dans cette étude, l'effet des  $PM_{2,5}$  sur la mortalité totale s'est exprimé par des augmentations statistiquement significatives de 0,36 % (IC 95 % : [0,11 ; 0,61]) pour la mortalité totale, 0,41 % (IC 95 % : [0,01 ; 0,82]) pour la mortalité cardio-vasculaire et 0,95 % (IC : [0,16 ; 1,73]) pour la mortalité respiratoire.

A l'inverse, aucune association n'a été retrouvée avec les  $PM_{10-2,5}$  pour la mortalité totale, cardio-vasculaire ou respiratoire.

## Discussion et conclusions des auteurs

Les auteurs rappellent qu'il s'agit de la première étude réalisée en Chine sur le rôle respectif de ces fractions particulières de la pollution sur la santé. Elle a mis en évidence une relation statistiquement significative entre les niveaux atmosphériques de  $PM_{2,5}$  et la mortalité quotidienne. Les excès de risque relatif de mortalité estimés dans cette étude apparaissent relativement modérés en comparaison des résultats observés dans d'autres pays et des niveaux de pollution mesurés dans cette ville. Ceci pourrait être expliqué par certaines particularités locales : une sensibilité particulière et une distribution spécifique de l'âge dans la population, une spécificité de certains composants particuliers modifiant la relation exposition-réponse alors que les niveaux de pollution semblent à Shanghai paradoxalement plus élevés que dans les pays développés. Les caractéristiques du parc automobile, la large utilisation du charbon pourrait, par exemple, expliquer la spécificité de la composition de la soupe de polluants aériens observée à Shanghai.

Les relations significatives entre  $PM_{2,5}$  et à la fois la mortalité totale et cardio-respiratoire montrées dans cette étude avaient déjà été retrouvées dans la littérature. Différents mécanismes physiopathologiques ont ainsi été avancés. Une augmentation de la viscosité du plasma sanguin, la séquestration des hématies dans la circulation et l'augmentation de la fréquence cardiaque et la diminution de sa variabilité expliqueraient les effets cardio-vasculaires. Sur le plan respiratoire, les sujets présentant une bronchite chronique obstructive pourraient être plus sensibles à la pollution particulaire par une diminution de leurs défenses envers le stress oxydatif.

L'effet sur la mortalité cardio-vasculaire et respiratoire des  $PM_{10-2,5}$  est retrouvé de façon inconstante dans la littérature. Les  $PM_{10-2,5}$  étant généralement produites naturellement par écrasement ou broyage proviennent souvent de matériaux de voirie, de construction ou de mines. Elles contiennent ainsi une proportion moins

importante de particules issues de la combustion, et seraient moins toxiques sur le plan cardio-respiratoire que les  $PM_{2,5}$ . Sur le plan respiratoire, les  $PM_{2,5}$  se déposent plus facilement que les  $PM_{10-2,5}$  dans les alvéoles pulmonaires, et elles sont en général moins bien évacuées que les particules plus grosses qui se déposent seulement sur l'arbre trachéo-bronchique.

Les auteurs rappellent enfin les limites liées à toute étude écologique où l'exposition est calculée à l'échelle d'une population et non au niveau de l'individu. De plus, ils rappellent que le niveau d'exposition a été estimé à partir des données d'une seule station de mesure de pollution extérieure sans pouvoir prendre en compte l'exposition à l'air intérieur des individus. Le caractère mono-centrique et la relative courte période de collecte des données a peut être aussi limité la puissance statistique de l'étude. L'analyse n'a été ajustée que sur les données météorologiques du jour même, d'autres études ayant montré que l'impact de la pollution sur la mortalité était peu sensible aux décalages des différents facteurs météorologiques.

## Commentaires et conclusions des analystes

Cette étude est l'une des rares réalisées sur les particules fines et grossières en Asie, fondée sur une méthodologie statistique largement éprouvée et clairement présentée dans l'article. Cependant, elle ne permet toujours pas de trancher sur le rôle joué par les  $PM_{10-2,5}$  sur la santé.

Cette étude est particulièrement intéressante car elle plaide une nouvelle fois en faveur de l'existence de relations, par ailleurs déjà documentées, unissant pollution particulaire et mortalité. Par ailleurs, cette étude est réalisée sur la base de niveaux de pollution particulaire urbaine bien plus élevés que ceux observés dans les études européennes ou nord-américaines, et de niveaux de mortalité comparables à ceux observés en Europe. Cependant l'analyse de la relation entre l'exposition à la pollution et la mortalité montre qu'elle est du même

ordre de grandeur que dans ces études européennes et nord-américaines. Ainsi, à une augmentation de la concentration en polluants de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  correspond une augmentation du risque de décès d'environ 1 %. Cette étude apporte donc de nouveaux arguments en faveur de la notion de linéarité de cette relation exposition-réponse déjà décrite dans la littérature scientifique.

Notons que les explications données par les auteurs à propos des niveaux élevés de pollution particulaire urbaine relevés dans cette étude sont certainement plausibles, à moins que la station de mesure n'ait été située à proximité d'une source industrielle ou d'un axe routier. L'absence de description de l'environnement de la station ne permet pas d'en estimer la représentativité.

Il est également regrettable que l'estimation de l'exposition ait été réalisée à partir de données d'une seule station de mesure. Un indicateur de pollution construit à partir de mesures de plusieurs stations aurait certainement possédé une meilleure représentativité.

Sur la période d'étude, la concentration moyenne en  $PM_{2,5}$  est de  $56,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et le ratio moyen des  $PM_{2,5}$  sur les  $PM_{10}$  est de 53 %. Ce ratio est plus faible que celui d'environ 65 % communément observé en milieu urbain en France. Ceci pourrait signifier que la part des particules naturelles est plus importante à Shanghai.

Il aurait été intéressant de préciser quelle était la méthode de mesure des particules utilisées (gravimétrique, bêta absorption, microbalance). En effet, pour les comparaisons entre études, il est important de disposer de cette information, certaines de ces méthodes ne prenant pas en compte la masse de particules volatiles.

De plus, aucune information n'est donnée sur l'erreur de mesure des polluants. Si elle diffère de façon importante entre les  $PM_{2,5}$  et les  $PM_{2,5-10}$ , elle pourrait en partie intervenir dans les différences d'effets observés avec ces deux indicateurs.

Enfin, il aurait été intéressant d'étudier la relation suivant des décalages différents 0-2 ou 0-5 jours afin de permettre la prise en compte de décès retardés de quelques jours.