

# Exposition aux particules fines et problèmes respiratoires : de l'hospitalisation à la mortalité

**Gilles MIGNANT** | gilles.mignant@unice.fr

CNRS, UMR 912 SESSTIM, Marseille

Mots clés : Hospitalisation, Lag, modèles, mortalité, pollution, PM2.5

La pollution de l'air, et plus particulièrement les particules fines (PM<sub>2.5</sub>) sont au cœur du débat sur les maladies respiratoires, partout dans le monde. Ce problème international est illustré ici par deux exemples pris aux USA et au Brésil. Ainsi, cette note a pour objectif d'étudier la corrélation spatiale et temporelle entre maladies respiratoires et concentrations en particules fines. L'article de Luis Fernando Costa Nascimento et al. , étudie la relation entre niveaux d'exposition aux PM<sub>2.5</sub> et l'évolution du nombre d'hospitalisations pour problèmes respiratoires les jours suivants, au Brésil (commune de Volta Redonda) . L'article de Dabass et al. étudie les liens entre niveaux d'exposition à la pollution particulaire de l'air et mortalités cardio-vasculaires sur une période de 12 ans dans le comté d'Allegheny en Pennsylvanie (USA).

## Pollution de l'air et maladies respiratoires : séries écologiques chronologiques

**Nascimento L.-F.** et al. (2016). Air pollution and respiratory diseases: ecological time series. Sao Paulo medicine Journal, vol.134 (4): p.315-21.

### Résumé

L'objectif de cet article est d'estimer l'effet de l'exposition aux particules fines (comme les PM<sub>2.5</sub>) sur le nombre d'hospitalisations en lien avec différentes maladies respiratoires dans le district de Volta Redonda (Rio de Janeiro, Brésil). Les données d'hospitalisations ont été collectées durant l'année 2012 en distinguant les cas de pneumonie, bronchite aiguë, bronchiolite et asthme. En parallèle, les données journalières de concentrations en PM<sub>2.5</sub> ont été estimées à partir du modèle (CCATT-BRAMS) qui est un modèle de chimie atmosphérique pour le suivi long terme de la pollution, couplant données d'émissions, photochimie et météorologie. Un modèle de régression est ensuite utilisé (Poisson), en associant le nombre de jours d'hospitalisations comme variable dépendante et les concentrations en PM<sub>2.5</sub> comme variable indépendante, tout en ajustant le modèle sur d'autres variables comme la température, l'humidité relative, la saisonnalité et le jour de l'année en utilisant la notion de Lag<sub>0</sub> à Lag<sub>7</sub>\*. L'étude a porté sur 1560 admissions hospitalières pour toutes les maladies respiratoires confondues à Volta Redonda dont le niveau moyen en PM<sub>2.5</sub> était de 17.2 µg/m<sup>3</sup> (min : 11.7, max : 35,2). Durant la période de l'étude (année 2012), les concentrations en PM<sub>2.5</sub> ont dépassé les seuils de recommandation de l'OMS durant 22 jours. Les résultats de cette étude ont montré qu'une baisse des concentrations de PM<sub>2.5</sub> de 5 µg/m<sup>3</sup> peut engendrer une baisse du nombre d'admissions hospitalières de 76 cas, entraînant ainsi une baisse des dépenses de 84 000 Real brésiliens (environ 42 000 \$) par an, dans un contexte national de 1,3 million d'hospitalisations pour maladies respiratoires, en 2012, au Brésil. A partir de la valeur de l'exposant du coefficient de

Poisson, le risque relatif de l'exposition aux PM<sub>2.5</sub> est estimé. L'augmentation de la concentration en PM<sub>2.5</sub> a un impact de neuf points de pourcentage dans l'augmentation du risque d'hospitalisations pour pneumonie, bronchite aiguë, bronchiolite et asthme, avec dans le cas de Volta Redonda un impact plus fort des sources fixes par rapport aux sources mobiles (trafic). L'effet des PM<sub>2.5</sub> sur les hospitalisations est plus marqué à des Lag<sub>2</sub>, Lag<sub>5</sub> et Lag<sub>7</sub>. Ainsi, le risque relatif augmente de 1,11 (95% IC : [1,03-1,21]) pour une augmentation de 5 µg/m<sup>3</sup> de concentration de ces particules.

### Commentaire

Le modèle d'estimation des concentrations de particules fines, s'appelle CCATT-BRAMS. Il permet d'effectuer de nombreuses simulations de chimie atmosphérique, en résolvant les équations de la mécanique des fluides à différentes échelles (modèle déterministe spatio-temporel). D'autres études brésiliennes ont montré une bonne corrélation entre les sorties de ce modèle et les hospitalisations pour pneumonie, et autres maladies respiratoires ou cardiovasculaires. L'approche mobilisée dans cet article est une étude de série chronologique temporelle. La ville de Volta Redonda, où l'étude est conduite, est une ville industrielle mais également une ville de fort trafic routier constituant ainsi un bon laboratoire. L'étude porte sur les neuf hôpitaux de la ville dont six sont privés (différentes bases de données mobilisées). Le modèle de régression (Poisson) a été ajusté afin de tenir compte de la saisonnalité, du nombre de jours écoulés depuis le début de l'enquête, et avec des moyennes d'indicateurs calculés chaque jour de la semaine. Cette étude présente néanmoins quelques limites : il n'a pas été possible de connaître l'historique des lieux fréquentés par les personnes avant leur hospitalisation (exposition estimée), de plus l'âge des personnes, mais également les différentes catégories socioprofessionnelles, ou encore le caractère fumeur ou non-fumeur, n'ont pas été pris en compte, ce qui peut entraîner des erreurs (cofacteurs liés à l'âge seul).

Néanmoins, cette étude permet d'alerter les décideurs publics sur les mesures de réduction à mettre en œuvre car en 2012 1.3 million d'hospitalisations pour maladies respiratoires étaient comptabilisées au Brésil (10<sup>ième</sup> au rang international) dont 64 000 hospitalisations pour la seule ville de Rio de Janeiro.

### Evaluation de l'exposition à la pollution particulaire fine et de la mortalité cardiovasculaire, en utilisant de la modélisation spatio-temporelle

Dabass A. et al. (2016). Using spatio-temporal modelling for exposure assessment in an investigation of fine particulate air pollution and cardiovascular mortality. *Environmental Research*, vol.151: p. 564-572.

#### Résumé

Cette étude a pour objectif d'estimer les effets aigus d'une exposition aux PM<sub>2.5</sub> sur la mortalité cardiovasculaire des habitants d'Allegheny (Pennsylvanie) sur la période de 1999 à 2011, en utilisant une modélisation spatio-temporelle (c'est-à-dire l'estimation de la répartition spatiale des polluants au cours du temps) pour réduire les erreurs de classification dans l'évaluation de cette exposition. Les effets ont été mesurés à une temporalité allant de Lag0 à Lag5\*. Au total 62 135 décès ont été identifiés. Les auteurs ont trouvé des associations fortes entre expositions aux PM<sub>2.5</sub> et mortalité par cardiopathie ischémique, ou maladie vasculaire périphérique à Lag5 respectivement 2,1% (95% IC : [0,2-4,1]) et 7,6% (95% IC : [0,05-15,7]) pour une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> des concentrations en PM<sub>2.5</sub>. Aucune relation, statistiquement significative n'a été trouvée avec les autres types d'évènement cardiovasculaires. La modélisation de ces liens, réalisée à échelle géographique fine, a permis de suivre les effets aigus des PM<sub>2.5</sub> sur la mortalité cardiovasculaire dans une grande aire métropolitaine. L'étude a également montré que la vulnérabilité à la pollution de l'air est accrue pour les personnes âgées.

#### Commentaire

D'autres études épidémiologiques internationales (dont celles de l'OMS ou encore des études américaines conduites à New-York ou dans d'autres états) ont montré que pour chaque augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> de la concentration en PM<sub>2.5</sub> durant les 1 à 5 jours précédents, il y a une augmentation de 0.4 à 1.0% de la mortalité cardiovasculaire journalière ; cette étude est tout à fait en accord avec les précédentes. Celles conduites à Pittsburgh, avaient déjà étudié, sur une durée longue, les effets à court terme des particules sur la morbidité\* et la mortalité. L'originalité de l'étude de Dabass et al. est de confronter l'exposition à court terme aux particules et la mortalité par maladies cardiovasculaires. La zone d'étude, est l'une des plus polluées (4<sup>ième</sup> zone la plus polluée du pays) avec de très nombreuses usines produisant des particules et des métaux, avec une topographie complexe. C'est pourquoi les auteurs ont choisi des méthodes de krigeage\* spatio-temporel à échelle fine pour estimer l'exposition journalière aux PM<sub>2.5</sub> et à l'ozone pour les 126 unités spatiales considérées (code postal). Ces expositions sont ensuite confrontées aux

données de mortalité cardiovasculaire en ajustant sur d'autres facteurs comme la température, par exemple. Les décès sont classés selon la date de décès et le code postal de résidence au moment du décès. L'intérêt de cet article est qu'il permet de distinguer les différents types de maladies cardiovasculaires et d'estimer lesquelles sont le plus impactées en termes de mortalité due à la pollution de l'air, en utilisant des régressions à Lag0-5. Ainsi, pour chaque augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> de la concentration en PM<sub>2.5</sub> à Lag5, il y a 2.1% (95% IC : [0.2-4.1]) d'augmentation de la mortalité cardiaque ischémique. Les limites de cette étude tiennent au fait que l'exposition est estimée selon le code postal, ce qui ne peut constituer une exposition individuelle, cependant cela est plus pertinent que l'utilisation de données de simples capteurs dont la représentativité spatiale est limitée. D'ailleurs, l'article montre également que le risque est plus élevé pour les personnes décédant à domicile mais sans fournir d'explication. De même, l'exposition différenciée des personnes tout au long de la journée (pollution intérieure, pollution extérieure), mais également les habitudes de vie (histoire médicale, fumeur ou non-fumeur) ne sont pas renseignées et pourraient avoir une influence sur les résultats.

#### CONCLUSION GÉNÉRALE

Les particules fines (PM<sub>2.5</sub>) ont un impact certain sur la santé et constitue l'un des facteurs des maladies respiratoires. De très nombreuses études et expertises, dans de plusieurs pays, s'y intéressent (Santé Publique France, études épidémiologiques, effets à court terme ou long terme, études Apehis et Apekom, etc.). Toutes ces études permettent d'estimer le poids de la réduction de la pollution sur la mortalité, toutes choses égales par ailleurs (ici la réduction des concentrations en PM<sub>2.5</sub> à court terme (Lag0 à Lag7)). Les deux études ont regardé les liens entre pollution et morbi-mortalité respiratoire. Les auteurs ont montré des résultats semblables aux autres études européennes, montrant que cet effet est indépendant de la zone géographique considérée. La méthode déployée, notamment, dans l'article de Dabass et al., permet d'avoir une information spatiale et temporelle extrêmement pertinente pour la compréhension du phénomène et constitue un bon outil d'aide à la décision publique, notamment en termes de réduction des coûts associés. De plus, grâce à l'article de Nascimento et al, cette note a également permis d'apporter des précisions sur les coûts réels évitables de la pollution de l'air. Les résultats obtenus, dans les deux études sont conformes aux autres résultats produits en Europe.

## GENERAL CONCLUSION

*The fine particles (PM<sub>2.5</sub>) have an impact on health. Numerous studies and reports, worldwide, are interested in (INVS, epidemiological studies, short term or long term, and Apehis or Apekom studies, etc.). All these studies make it possible to estimate the weight of pollution reduction on mortality, all other things being equal (here, in this note, we focused on the impact of reducing PM<sub>2.5</sub> to Short term (Lag0 to Lag7)). In this note, we focused on the impact of the reduction in short-term PM<sub>2.5</sub> (Lag0 to Lag7). Both studies looked at the links between pollution and morbidity-respiratory mortality. The authors have shown similar results to the various European studies, showing that this effect is independent of the geographical area considered. The method deployed in particular in the article by Dabass et al, provides highly relevant spatial and temporal information for understanding the phenomenon and could be considered as a good tool to help the public decision-making, in particular in terms of reducing associated costs. Moreover, thanks to the article of Fernando Costa Nascimento et al, this note has also helped to clarify the avoidable costs of air pollution. The results in both studies are consistent with other results produced in Europe.*

## Lexique

**IC** : Intervalle de confiance [moyenne – écart type ; moyenne + écart type]

**Lag day 0.....7** : délai entre exposition et effet, allant de 0 à 7 jours antérieurs.

**Krigeage** : en géostatistiques, méthode d'estimation linéaire garantissant le minimum de variance.

**Morbidité** : du latin *morbidus*, qui signifie « malade », « malsain » indique le nombre d'individus atteints pas une maladie dans une population donnée et pendant une période déterminée.

**PM<sub>2.5</sub>** : particules fines de taille inférieure à 2.5 µg/m<sup>3</sup>

**Poisson (modèle de)** : modèle statistique de régression.

**Pearson (coefficient de corrélation)** : coefficient de corrélation entre deux variables aléatoires, défini comme le rapport de la covariance sur le produit des écarts types.

## Publications de référence

**1 Tiikkaja S, Olsson M, Malki N, Modin B, Sparen P.** Familial risk of premature cardiovascular mortality and the impact of intergenerational occupational class mobility. *Social science and medicine* 2012;**75** :1883-1890.

**2 Tiikkaja S, Hemström O, Vagerö D.** Intergenerational class mobility and cardiovascular mortality among Swedish women: A population – based register study. *Social science and medicine* 2009;**68** :733-739.

## Revue de la littérature

**Yin P, Brauer M, Cohen A, Burnett RT, Liu J, Liu Y, Zhou M.** Ambient fine particulate matter exposure and cardiovascular mortality in China: a prospective cohort study. *The Lancet* 2016.

**Zhang X, Staimer N, Tjoa T, Gillen DL et al.** Associations between microvascular function and short-term exposure to traffic-related air pollution and particulate matter oxidative potential. *Environmental Health* 2016; 15:81.

## Autres publications identifiées

**Kheirbek I, Hanney J, Douglas S, Ito K, Matte T.** The contribution of motor vehicle emissions to ambient fine particulate matter public health impacts in New York City: a health burden assessment. *Environmental Health* 2016; 15 :89.

**Giannadaki D, Lelieveld J, Pozzer A.** Implementing the US air quality standard for PM<sub>2.5</sub> worldwide can prevent millions of premature deaths per year. *Environmental Health* 2016; 15:88.

**Bono R, Romanazzi V, Bellisario V, Tassinari R, Trucco G et al.** Air pollution, aeroallergens and admissions to pediatric emergency room for respiratory reasons in Turin, northwestern Italy. *BMC Public Health* 2016; 16:722.

## Liens d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt