

L'ozone modifie les corrélations entre la température et la mortalité cardio-vasculaire : analyse des données l'étude NMMAPS

Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality: analysis of the NMMAPS data

Ren C, Williams GM, Morawska L, Mengersen K and Tong S

Occup. Environ. Med. 2008 ;65; 255-60

Analyse commentée par

Mathilde Pascal¹ et Patricia Lozano²

¹ Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice

² Atmo PACA, Marseille

■ Contexte

Cette étude évalue l'influence de l'ozone sur les associations entre la température et la mortalité cardio-vasculaire aux Etats-Unis. Si l'effet de l'ozone sur la mortalité et l'effet de la température sur ce même paramètre sont l'objet de nombreuses publications, peu d'études se sont déjà penchées sur la compréhension de leurs effets conjoints.

L'étude est multicentrique et porte sur 95 villes. Les données couvrent une période de treize ans, de 1987 à 2000. Elles ont été extraites de la base de données de l'étude nationale américaine NMMAPS sur la morbidité, la mortalité et la pollution atmosphérique, disponible sur le site web correspondant.

Des méthodes statistiques d'analyse des séries temporelles sont utilisées pour établir les associations entre l'ozone, la température et la mortalité dans chaque

ville. Des méta-analyses bayésiennes sont ensuite mises en œuvre pour obtenir des estimations régionales.

■ Résumé de l'étude

Objectifs

Le consensus scientifique actuel s'accorde sur le fait que le changement climatique va modifier la fréquence et l'intensité d'événements extrêmes ayant un impact sur les sociétés humaines et sur l'environnement. De nombreuses études épidémiologiques, au travers de différentes communautés, observent une relation en forme de J, U ou V entre la température et la mortalité. La pollution de l'air, dépendante des conditions météorologiques et notamment de la température, a également un impact sur la santé. L'ozone, en particulier, est corrélé avec la température. Quelques études décrivent que les effets de la température modifient ceux infligés par la pollution de l'air, mais les résultats restent contradictoires.

Quand le but est d'estimer les relations entre la température et la mortalité, la plupart des études introduisent les polluants comme facteurs de confusion. Or, un article récent a mis en évidence que les taux de particules dans l'air modifiaient les relations entre la température et la morbidité et mortalité à Brisbane en

Australie. Dans cette étude, le polluant d'intérêt est l'ozone. Celui-ci est pris en tant que terme indépendant et comme variable continue dans les modèles de régression. Les analyses sont faites pour chacune des villes, puis par grandes régions, afin d'étudier les variations géographiques des résultats.

Matériel et méthodes

Données

Les données de l'étude nationale couvrent 108 agglomérations des Etats-Unis. Elles sont composées de séries de données sur la santé, la pollution de l'air et la météorologie du 1^{er} janvier 1987 au 31 décembre 2000. Les auteurs utilisent 95 de ces agglomérations, réparties sur sept régions, pour lesquelles l'ensemble des données nécessaires sont disponibles. La population concernée est de 100 millions d'habitants, avec environ quatre millions de décès pour cause cardio-vasculaire. Les données chronologiques pour l'ozone, et notamment les maxima horaires journaliers, ont été fournies par l'Agence de protection de l'environnement (EPA). Les données météorologiques comprennent la température journalière maximale et la température au point de rosée. L'étude est centrée sur les saisons estivales (du 1^{er} juin au 30 septembre) en raison des concentrations d'ozone basses en hiver.

Méthodes d'analyses

Deux approches sont utilisées afin d'explorer comment l'ozone modifie l'association entre la température et la mortalité cardio-vasculaire. Une modification d'effet est définie comme une variation dans l'amplitude d'un effet selon les niveaux d'une variable tierce.

Dans une première approche, dans chaque agglomération, les auteurs ont modélisé la mortalité cardio-vasculaire par une régression de Poisson en intégrant l'ozone et la température comme des variables indépendantes. Des fonctions splines sont utilisées pour modéliser l'effet de la température au point de rosée, ainsi que la saisonnalité et la tendance à long terme. Les jours de la semaine sont également inclus. Ensuite, un modèle de surface de réponse est ajusté sur le modèle initial pour estimer les interactions entre la température et l'ozone.

Dans une seconde approche, les auteurs ont classé les maxima horaires journaliers d'ozone en quatre classes définies par les trois premiers quartiles de la distribution. Ils ont ensuite utilisé un modèle linéaire généralisé pour quantifier les effets modificateurs de l'ozone sur la relation entre température et mortalité cardio-vasculaire.

Enfin, à partir des résultats des différentes agglomérations, un modèle hiérarchique bayésien a été utilisé

pour estimer l'effet global de la température selon le niveau d'ozone au niveau régional et national.

Résultats

Les températures maximales moyennes (20 à 42°C) et les maxima horaires journaliers moyens d'ozone (de 74 à 286 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) étaient très variables entre agglomérations. L'ozone était corrélé positivement à la température, et cela était plus visible dans les régions du Nord.

L'ozone modifie la relation entre la température et la mortalité cardio-vasculaire dans chacune des communautés étudiées, avec globalement des effets positifs dans le Nord et variables dans le Sud. Par exemple, à Chicago, Détroit et New York, l'effet de la température est plus fort quand les teneurs en ozone sont supérieures à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en comparaison à des niveaux d'ozone inférieurs à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Un effet interactif positif est ainsi montré de manière significative dans 44 communautés sur 95 pour le jour même, ou bien avec un décalage d'un jour.

La méta-analyse montre également qu'une augmentation de 10°C de la température est associée à une augmentation de 1,17 % à 8,31 % de la mortalité cardio-vasculaire, selon le niveau d'ozone, quand on considère la température du jour même, et de 0,80 à 8,62 %, quand on considère la température de la veille. Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la sensibilité.

Discussion des auteurs

En général, en été, l'ozone modifie positivement et de manière significative la relation entre la température et la mortalité dans les différentes régions étudiées avec, cependant, une grande hétérogénéité géographique.

Peu d'études ont été menées pour étudier les interactions entre la température et la pollution atmosphérique. En particulier, en ne prenant pas en compte l'ozone, les études, se focalisant sur les vagues de chaleur, peuvent sous-estimer le rôle des polluants atmosphériques.

L'ozone et la température sont très corrélés dans les régions du Nord. Des disparités sont observées dans les régions du Sud. La corrélation peut interférer avec une bonne modélisation. Cependant, les interactions positives présentes également dans des villes du Sud, où les corrélations sont très variables et peu élevées, laisse penser qu'il est possible de modéliser correctement l'interaction entre l'ozone et la température.

Il reste nécessaire de mieux comprendre les raisons expliquant la variabilité géographique et les mécanismes d'interaction entre la température et l'ozone en s'intéressant à d'autres villes et en explorant la structure de l'interaction, en tenant compte de différents décalages journaliers.

■ Commentaires et conclusions des analystes

Cette étude est innovante dans le sens où elle démontre que l'ozone modifie la relation entre la température et la mortalité cardio-vasculaire dans différentes villes des Etats-Unis et quantifie cet impact. Cette étude est une première étape. L'article donne assez peu de données descriptives et beaucoup d'indications qualitatives. Les graphiques en 3D sont difficiles à lire, avec des échelles différentes à chaque fois. En termes de niveaux d'ozone, les valeurs sont prises à la station de mesure ou aux stations présentes sur le territoire de la commune : il faudrait s'assurer qu'elles soient bien représentatives de l'exposition de l'ensemble des populations. La même question se pose quant à la représentativité de la température maximale.

Les choix de l'indicateur météorologique, de la température maximale, et du niveau maximum horaire d'ozone le jour du décès sont cohérents avec l'hypothèse que l'ozone rend vulnérable à court terme à une température élevée. Il serait intéressant

de raisonner sur des décalages de plusieurs jours, en incluant également la température minimale indicatrice de l'absence de repos nocturne. Egalement, le fait d'étudier les jours de manière individuelle ne permet pas de prendre en compte un effet " vague de chaleur ", accumulation de plusieurs jours pendant lesquels l'organisme voit sa fragilité s'accroître.

Les résultats montrent un effet modificateur de l'ozone très fort dans les villes du Nord, par exemple New York, mais pas dans les villes du Sud, par exemple Los Angeles. Par ailleurs, l'ozone varie de 40 à 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à New York et de 100 à 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Los Angeles. Ces différences posent de nombreuses questions : existe-t-il un effet relatif lié à des variations importantes plutôt qu'à des valeurs absolues ? La réalité de l'exposition est-elle différente ? Y-a-t-il un phénomène d'adaptation dans les villes du Sud ? Une meilleure compréhension de ces mécanismes devrait permettre d'améliorer la prévention de la mortalité liée à la chaleur. Des résultats suffisamment robustes pourraient éventuellement être utilisés pour émettre des recommandations lors de niveaux élevés d'ozone et de températures.