

Qualité et température de l'air extérieur : effets modificateurs réciproques sur la relation à la mortalité

Reposant sur une vaste base de données européenne et une modélisation pointue, ce travail* montre que la chaleur accroît l'impact de la pollution atmosphérique sur la mortalité générale ou de cause cardiovasculaire. Dans l'autre sens, la pollution augmente le risque de décès lié à l'exposition au froid ou au chaud.

Based on a vast European database and in-depth modeling, this work shows that heat increases the impact of air pollution on overall and cardiovascular mortality. At the same time, pollution increases the risk of death linked to exposure to cold and to heat.*

Une vaste littérature documente les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique, et ceux de l'exposition à la chaleur ou au froid sont de mieux en mieux connus. Dans le contexte du changement climatique, la question de leurs effets combinés se pose.

Les conditions météorologiques influencent les émissions de polluants, la chimie atmosphérique (formation d'ozone notamment), le transport et le transfert des polluants, ainsi que les comportements d'exposition (ouverture de fenêtres, sorties à l'extérieur, etc.). En retour, la pollution de l'air peut affecter la capacité de l'organisme à supporter un stress thermique, en particulier sur le plan cardiovasculaire où le champ de la toxicité de l'un recouvre celui des réponses physiologiques à l'autre (rythme cardiaque, pression artérielle, agrégation plaquettaire, viscosité sanguine).

La température de l'air est habituellement prise en compte en tant que facteur de confusion pour l'analyse de la relation pollution-mortalité à court terme. Les études (focalisées sur la pollution particulaire [PM] ou à l'ozone [O₃]) ayant examiné ses effets modificateurs potentiels rapportent des résultats contradictoires : une interaction significative n'est observée que dans la moitié des cas, et si c'est le plus souvent la chaleur qui renforce l'impact de la pollution, certaines études identifient plutôt un effet aggravant du froid. L'apport de cette littérature est limité pour deux raisons : la spécificité des résultats à un lieu donné (généralement une ville ou plusieurs villes d'un même pays) et l'approche rudimentaire de la

relation température-mortalité (présumée linéaire et à temporalité simple).

L'influence de la pollution sur cette relation n'a été que rarement examinée. Cinq analyses de séries temporelles (dans des villes de Chine, Australie, États-Unis, Allemagne et Portugal) et une étude cas-témoins néerlandaise (à Rotterdam) indiquent un effet des concentrations de PM₁₀ ou d'O₃ sur la mortalité liée à la chaleur ou au froid.

Investigation croisée étendue aux PUF

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre membres de l'*Ultrafine Particles and Health Study Group* (UF&HEALTH) qui se sont efforcés de rassembler suffisamment de données pour atteindre la puissance statistique nécessaire à la détection d'un effet de l'exposition à court terme aux particules ultrafines (PUF) sur la mortalité. Si le potentiel toxique de ces particules de taille nanométrique est supposé élevé (importante réactivité de surface, pénétration jusqu'aux alvéoles pulmonaires et possibilité de translocation), l'exploration de leurs effets sanitaires se heurte à l'absence de données d'exposition, la concentration atmosphérique des PUF n'étant pas surveillée en routine. Seules cinq études rapportant une faible association positive entre l'exposition aux PUF et la mortalité avaient été publiées avant celle-ci et aucune information relative à l'effet modificateur potentiel de la température n'était disponible. *A fortiori*, l'influence de l'exposition aux PUF sur la

relation température-mortalité n'avait jamais été étudiée.

L'exposition a été approchée par la concentration en nombre de particules (CNP) dans les huit aires urbaines composant la zone de l'étude : Athènes (Grèce), Barcelone (Espagne), Copenhague (Danemark), Helsinki (Finlande), Rome (Italie), Stockholm (Suède) et – pour l'Allemagne – la ville d'Augsburg ainsi que la région métropolitaine Rhin-Ruhr (trois villes adjacentes : Essen, Mülheim et Oberhausen). Les données disponibles (CNP journalières sur une période d'observation allant de trois ans à Athènes [2008-2010] à 10 ans ou plus à Helsinki, Copenhague, Rome [2001-2010] et Augsburg [1999-2009]) représentaient l'exposition de fond partout sauf à Rome où le capteur était placé en bord de route. Les instruments de mesure utilisés à Athènes, Copenhague et Helsinki avaient permis de dénombrer les PUF proprement dites (diamètre aérodynamique ≤ 100 nm) ; dans les autres lieux la donnée disponible était la CNP dans la plage ≤ 3 000 nm, considérée comme un bon indicateur des PUF qui représentent une petite fraction de la masse des particules en suspension mais dominent les concentrations en nombre.

Les concentrations journalières des PM_{2,5}, des PM₁₀ et de l'O₃ (moyenne des mesures de toutes les stations des réseaux de surveillance de la qualité de l'air locaux) ont également été rassemblées, ainsi que la température moyenne journalière et les comptes de décès de causes non accidentelles et plus spécifiquement cardiovasculaires (39,3 % de la totalité des décès [*n* = 742 526]).

Dans un premier temps, les auteurs ont effectué des analyses de régression propres à chaque lieu avec des modèles de Poisson additifs dans lesquels les composantes « tendance à long terme », « tendance saisonnière » et « variations accidentelles » (jour de la semaine, épidémie de grippe, périodes de vacances et de fêtes) de la série chronologique sont présumées indépendantes. Ils ont établi, d'une part, l'effet de la température sur la relation pollution-mortalité (une température basse étant définie par une valeur inférieure au 25^e percentile et une température élevée par une valeur supérieure au 75^e percentile), d'autre part, l'effet de la pollution sur la relation température-mortalité (le niveau de la pollution étant classé faible ou élevé au seuil de la valeur médiane des concentrations pour chaque polluant). Les caractéristiques particulières de la relation température-mortalité ont été prises en compte et un délai de réponse allant jusqu'à 21 jours a été considéré (lag 0-21). Sur la base d'une précédente analyse de la relation pollution-mortalité dans cette base de données, l'impact de l'exposition aux PM_{2,5}, PM₁₀ et O₃ a été examiné avec un jour de décalage (lag 1) et celui des PUF à lag 6. La robustesse des modèles a

été testée en faisant varier les délais de réponse acceptés, ainsi que les seuils de températures froide et chaude. Une méta-analyse des estimations dans les huit agglomérations a finalement été réalisée (modèle à effets aléatoires).

Grandes tendances dégagées

L'impact de la pollution sur la mortalité est généralement plus fort par temps chaud. Pour la CNP par exemple, une hausse de 10 000 particules/cm³ est associée à une augmentation de 2,51 % de la mortalité cardiovasculaire (IC₉₅ : 0,39-4,67 %) quand les températures sont élevées, alors qu'elle n'entraîne pas de surmortalité par temps froid (-0,18 % [-0,97 à 0,62]) ni aux températures intermédiaires (25-75^e percentiles : - 0,81 % [-1,92 à 0,32]). Une augmentation de 10 µg/m³ du niveau des PM_{2,5} retentit sur la mortalité générale dès les températures intermédiaires (+ 0,84 % [0,05-1,63]), mais l'effet estimé par temps chaud est nettement plus important (+ 2,36 % [0,11-4,65]). Réciproquement, les effets de l'exposition au chaud ou au froid sur la mortalité sont généralement plus marqués lorsque les niveaux de PM et d'O₃ sont élevés. Considérant les extrêmes de température,

la chaleur (99^e versus 90^e percentile) est associée à une augmentation de 19,02 % de la mortalité cardiovasculaire (-13,24 à 46,68 %) quand la CNP dépasse la valeur médiane, contre 3,75 % (0,29-7,33) pour un moindre niveau de pollution. Les estimations correspondantes pour l'exposition au froid intense (1^e versus 10^e percentile) sont une augmentation de 16,23 % (3,80-30,14) de la mortalité cardiovasculaire, contre 2 % (0,16-3,88) pour une CNP inférieure à la médiane. Des tendances comparables sont observées avec les autres polluants.

L'étude des interactions entre l'exposition à la pollution atmosphérique et à des températures inhabituelles pourrait être poursuivie avec d'autres indicateurs sanitaires que la mortalité, comme les hospitalisations ou les passages aux urgences.

Laurence Nicolle-Mir

*Chen K¹, Wolf K, Breitner S, et al. Two-way effect modifications of air pollution and air temperature on total natural and cardiovascular mortality in eight European urban areas. *Environ Int* 2018 ; 116 : 186-96. doi : 10.1016/j.envint.2018.04.021

¹ Institute of Epidemiology, Helmholtz Zentrum München-German Research Center for Environmental Health, Neuherberg, Allemagne.