

Relation entre température, ozone et mortalité dans neuf villes françaises pendant la vague de chaleur de 2003

The relation between temperature, ozone, and mortality in nine french cities during the heat wave of 2003

Filleul L, Cassadou S, Medina S, Fabres P, Lefranc A, Eilstein D, Le Tertre A, Pascal L, Chardon B, Blanchard M, Declercq C, Jusot JF, Prouvost H, et Ledrans L.

Environ Health Perspect. 2006; 114 :1344-47

Analyse commentée par

¹Laetitia Mary et ²Grégoire Rey

¹AtmoPACA, Marseille

²Inserm, CépидDc, Le Vésinet

■ Contexte

En août 2003, une vague de forte chaleur s'est abattue sur l'Europe, et particulièrement sur la France : plus de 60 % de stations météorologiques ont enregistré des températures supérieures à 35°C. Durant la même période, des niveaux d'ozone élevés ont été relevés dans tout le pays et une surmortalité de près de 15 000 décès a été estimée. Des interrogations ont été soulevées vis-à-vis de l'impact de la pollution par l'ozone sur la santé durant cet épisode de chaleur. En 2004, des auteurs européens ont estimé un nombre de morts attribuables à l'exposition à l'ozone durant l'été 2003, mais en utilisant des fonctions construites à partir de températures et de niveaux d'ozone habituels, sans tenir compte des conditions météorologiques exceptionnelles de cet été-là.

■ Résumé de l'étude

Objectifs

Le premier objectif de cette étude est de définir une méthode qui tienne compte des températures et niveaux d'ozone record de l'été 2003 pour estimer le risque de mortalité lié à l'ozone et comparer les résultats avec les estimations antérieures réalisées dans neuf villes françaises. Le second objectif est d'évaluer les contributions relatives de l'ozone et de la température dans cette relation.

Matériels et méthodes

Neuf villes françaises participant au PSAS-9 sont considérées dans cette étude sur la période 1996-2003. Les populations étudiées sont définies spatialement en tenant compte de leurs déplacements quotidiens et des emplacements des stations d'enregistrement de la pollution. Pour chaque ville, la moyenne des concentrations maximales d'ozone sur 8 heures de ces différentes stations d'enregistrement est retenue comme indicateur d'ozone. Les températures maximales et

minimales quotidiennes sont fournies par Météo France.

Les variations quotidiennes de la mortalité en fonction de la température et de l’ozone font l’objet d’une analyse en série temporelle spécifique à chaque ville. Un modèle de régression est utilisé, prenant en compte la variabilité de Poisson de la mortalité, ainsi qu’une éventuelle surdispersion et une autocorrélation des observations.

Les variables de températures sont introduites à l’aide de splines pénalisés à 3 degrés de liberté. Des splines surface sont utilisés pour prendre en compte une éventuelle interaction entre les variables.

Pour comparer les résultats avec une précédente étude, les concentrations d’ozone du jour et de la veille sont introduites linéairement. Les variables températures sont introduites avec des retards allant jusqu’à 3 jours. L’interaction au second degré entre ses retards est également considérée. Le choix du modèle optimal est fait à l’aide du critère d’Akaïke. L’interaction entre ozone et température n’est pas conservée dans le modèle, car elle n’améliore pas le critère d’Akaïke.

Les estimations des différentes villes sont agrégées à l’aide d’une méthode bayésienne empirique.

La contribution de l’ozone au risque relatif de mortalité pendant la canicule de 2003 (du 3 au 17 août) par rapport à une température et une concentration d’ozone moyenne à cette période (3 au 17 août 2000 à 2002) est calculée. Elle est définie comme la part du logarithme du risque relatif due à l’ozone sur le logarithme du risque relatif total.

Résultats

L’association log-linéaire entre concentration d’ozone et mortalité est hétérogène entre les différentes villes. Les résultats obtenus sur la période 1996-2003 sont sensiblement différents de ceux obtenus lors d’une étude similaire sur la période 1990-1997. Sur la période la plus récente, et en agrégeant les résultats des différentes villes, cette association correspond à une hausse de 1,01 % du risque de mortalité pour une augmentation de 10 µg/m³ de la concentration d’ozone.

Sur la période de la canicule de 2003, les excès de mortalité attribués à la température ou à l’ozone sont très disparates selon les villes. De même, et de façon spectaculaire, la contribution de l’ozone à cet excès varie très fortement, allant de moins de 3 % à Bordeaux, à plus de 85 % à Toulouse.

Discussion

La présente étude définit un modèle statistique permettant de quantifier les effets à très court terme sur la santé de l’ozone et de la température pour neuf villes françaises durant la vague de chaleur de l’été 2003. Malgré la forte corrélation qui lie l’ozone et la température, la méthode statistique développée permet de séparer

en partie leurs effets respectifs. Ainsi une relation significative entre l’ozone et le risque de décès a été mise en évidence. La part de l’effet de la température est vraisemblablement sous-estimée, car en partie confondu avec le terme de saisonnalité introduit dans le modèle.

Les résultats permettent d’estimer une association entre mortalité et concentration d’ozone plus importante que celle issue de nombreuses études européennes publiées entre 1999 et 2002, retrouvant une augmentation d’environ 0,3 % du risque de mortalité pour une augmentation de 10 µg/m³ d’ozone.

En comparant avec les résultats d’une étude antérieure ne prenant pas en compte la vague de chaleur, les estimations globales restent stables alors que les estimations locales varient selon les villes. Des différences sur la période étudiée, le choix des paramètres explicatifs et les méthodes statistiques entre les deux études peuvent expliquer ces variations.

De nombreuses études ont également montré que la mortalité augmentait durant les épisodes de fortes températures. En particulier, des facteurs sociodémographiques (âge, niveau de vie, isolement...) caractéristiques de chaque ville sont fortement liés au risque de mortalité durant les vagues de chaleur. L’effet d’îlots de chaleur urbain, liés à la densité de population, influence également la température réelle d’exposition et donc le risque de mortalité. Ces différents facteurs peuvent expliquer l’hétérogénéité de l’effet sanitaire de la vague de chaleur de 2003 entre les villes observées dans cette étude.

En conclusion, ces résultats confirment l’impact non négligeable sur la santé publique de la concentration d’ozone en zone urbaine. La contribution relative de l’ozone et de la température sur la mortalité durant l’été 2003 est hétérogène selon les villes.

■ Commentaires et conclusion des analystes

Cette étude s’inscrit dans le processus de description de l’association entre ozone et mortalité à court terme. Cette association positive a été mise en évidence dans de nombreuses études. L’aspect de cette association spécifiquement traitée ici concerne la sensibilité de son estimation à la présence d’une vague de chaleur de forte amplitude (août 2003 en France). Compte tenu de la forte corrélation temporelle entre température et concentration d’ozone et de l’association marquée à court terme entre température et mortalité, la question de la part respective de la température et de

la concentration d'ozone se pose. Cet article retrouve, de façon consistante avec la littérature, une mesure significativement positive de l'association. Il conclut sur le fait que la mesure de l'association est sensible à la présence d'une vague de chaleur et est très hétérogène selon les villes.

Cependant, pour permettre d'apprécier plus précisément la sensibilité des résultats à l'inclusion des observations de la canicule de 2003, il serait intéressant de les comparer, à modèle et période identiques, avec les résultats obtenus sans inclure la vague de chaleur. Idéalement, une plus longue période d'étude permettrait d'inclure d'autres vagues de chaleur, de moindre amplitude, dans la période d'analyse. Une forme de continuité de la relation ozone-température-mortalité pourrait ainsi être appréhendée. Sinon, les estimations très dépendantes d'un événement unique, comme la canicule de 2003, peuvent être incertaines.

En présence de confusion possible entre l'effet de la température et de l'ozone, l'analyse gagnerait en précision si la sensibilité des résultats à différents choix de modèles était étudiée.

Il pourrait être également important d'apporter des éléments de comparaison directe du risque de mortalité prédit par le modèle avec le risque de mortalité observé

pour juger de sa qualité d'ajustement et de son pouvoir prédictif.

L'impact des autres polluants (notamment particules en suspensions ou dioxyde d'azote), qui varie fortement selon les villes, n'est pas décrit. De plus, l'étude amène à conclure sur l'impact non-négligeable de l'ozone sur le risque de mortalité dans les zones urbaines. Cependant, les niveaux les plus importants d'ozone se retrouvent particulièrement en périphérie des villes (en ville, l'ozone est consommé notamment par le monoxyde d'azote). Et en périphérie des villes, les autres polluants (notamment d'origine automobile) sont souvent en quantité moins importante. Une étude similaire intégrant aussi des zones en périphérie des villes permettrait de s'affranchir d'autres polluants que l'ozone ayant aussi un impact sur la mortalité et d'évaluer la contribution de l'ozone de façon plus précise.

Si l'association entre ozone et mortalité retrouvée dans cet article est significativement positive, l'analyse des fractions attribuables à la température et à l'ozone pourrait être approfondie. Une des perspectives possibles consisterait à tirer partie de la faible corrélation spatiale entre concentration d'ozone et température. Pour faciliter la dissociation de leurs effets, la part respective de l'ozone et de la température pourrait être envisagée sous l'angle spatial ou spatio-temporel plutôt que sous un angle uniquement temporel.