

## Qui est le plus vulnérable face à la pollution de l'air par l'ozone ?

### **Who is more vulnerable to die from ozone pollution air pollution?**

Medina-Ramón M and Schwartz J

Epidemiology 2008 ;19 : 672-79

Analyse commentée par

Myriam Blanchard<sup>1</sup> et Hakim Cherigui<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de veille sanitaire, Cire Haute-Normandie, Rouen

<sup>2</sup>ATMO Nord Pas-de-Calais, Bethune

### ■ Contexte

De nombreuses études ont mis en évidence les effets d'une exposition à la pollution de l'air à l'ozone, notamment sur la mortalité. Cependant, même si certains travaux ont intégré l'âge dans les facteurs aggravants, peu d'informations sont disponibles quant à la sensibilité d'autres sous-catégories de population. Dans l'étude présentée ci-dessous, les auteurs ont cherché à étudier l'impact des concentrations d'ozone sur des sous-catégories de population.

### ■ Résumé de l'étude

#### Objectifs

Cette étude a pour objectif d'identifier les facteurs de sensibilité aux effets de l'ozone qu'ils soient sociodémographiques ou lié à l'état de santé.

#### Matériels et méthodes

L'étude a porté, pour la période de 1989 à 2000, sur 48 villes des États-Unis choisies au hasard parmi les villes les plus peuplées à proximité de stations de mesure de l'ozone et de la température.

Les données de mortalité journalières sont issues du centre national de statistique de santé. Les informations individuelles (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> cause de décès, origine ethnique, âge, sexe et niveau d'éducation) ont été extraites pour

les décès toutes causes sauf accidentelles. Les maladies chroniques les plus communes, maladies des systèmes respiratoire et circulatoire et diabète, recensées en tant que 2<sup>e</sup> causes de décès, ont été étudiées en tant que facteurs de sensibilité potentiels à l'effet de l'ozone.

Les niveaux d'ozone retenus sont les maxima journaliers des concentrations moyennes sur 8 heures. Les données ont été fournies par l'US EPA. Etant donné que la plus grande partie des villes américaines ne mesurent l'ozone que pendant les mois d'été, l'analyse n'a porté que sur les mois de mai à septembre. Ces données ont été disponibles pour 99 % de l'échantillon.

Pour chaque ville, les indicateurs de température retenus sont la température moyenne journalière et la température ressentie calculée à partir de la température de point de rosée.

En outre, pour chaque ville, le pourcentage de foyers disposant de l'air conditionné, la densité de population et sa localisation géographique ont été retenus comme paramètres pouvant influencer les résultats pour les personnes plus sensibles. Ces données ont été extraites du recensement de la population (2000 US census).

L'analyse statistique repose sur un protocole limité aux cas (*case only*). Ce type de protocole, proposé au départ pour étudier les interactions gènes-environnement, repose sur le principe suivant : si on restreint l'analyse aux cas, ici les sujets décédés, l'augmentation avec le niveau d'ozone de la prévalence parmi les sujets décédés d'une caractéristique non variable dans le temps témoigne de l'effet modificateur de cette caractéristique sur la mortalité.

Un modèle de régression logistique a donc été appliqué pour chaque ville afin d'estimer les variations en fonction du niveau d'ozone de la proportion de personnes âgées de 65 ans et plus, de femmes, de noirs et de personnes de faible niveau d'éducation, ainsi que la prévalence de maladies chroniques mentionnées comme cause associée sur le certificat de décès (asthme, broncho-pneumopathie obstructive chronique, maladies cardiovasculaires, diabète, maladies inflammatoires) parmi les décédés. L'indicateur d'ozone introduit dans les modèles correspond aux niveaux d'ozone moyennés sur

3 jours (le jour du décès et les deux jours précédents). La température apparente du jour du décès et des termes sinus et cosinus pour modéliser les variations saisonnières ont également été introduits dans les modèles.

Le coefficient obtenu pour l'ozone dans ces modèles logistiques permet d'estimer l'effet modificateur de la caractéristique étudiée, soit l'augmentation de l'effet de l'ozone chez les personnes présentant cette caractéristique. L'effet moyen de l'ozone a par ailleurs été étudié sur l'ensemble de la population à l'aide d'une analyse cas croisé (*case crossover*), ce qui a permis aux auteurs d'exprimer l'effet modificateur des caractéristiques étudiées relativement à l'effet moyen sur l'ensemble de la population.

Ensuite, des analyses combinées des risques obtenus dans chaque ville ont permis de calculer une estimation combinée de l'effet moyen de l'ozone et des contributions additionnelles des caractéristiques étudiées.

Enfin, pour chaque caractéristique individuelle montrant un effet modificateur du risque, les auteurs ont cherché si les différences de résultats entre les villes pouvaient s'expliquer par les caractéristiques propres à chaque ville. Pour cela, les caractéristiques des villes (température, niveau d'ozone, densité de population, pourcentage de ménage ayant l'air conditionné...) ont été introduites une par une dans des modèles de méta-régression.

## Résultats

L'étude a porté sur un total de 2 729 460 décès non accidentels dans les 48 villes entre 1989 et 2000 et pour la période mai-septembre. 71 % des personnes décédées était âgées de 65 ans et plus, 81 % n'étaient pas de couleur noire et 74 % avaient un niveau d'éducation bas.

Les niveaux journaliers moyens en ozone ont varié entre 16,1 ppb ( $32 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) et 58,8 ppb ( $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Seule quatre villes ont connu des valeurs journalières supérieures à  $240 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  et, en particulier, Los Angeles pendant 14 jours sur toute la période de l'étude.

Pour l'ensemble des villes, l'augmentation des décès était de 0,65 % [IC : 0,38 ; 0,93] lorsque les concentrations en ozone augmentaient de  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  les trois jours précédents.

Concernant les sous-groupes sociodémographiques examinés, les personnes âgées de 65 ans et plus ont montré la plus grande sensibilité à l'ozone avec une augmentation additionnelle de la mortalité de 1,10 % (comparé aux plus jeunes), puis ce sont les personnes de couleur noire (0,53 %) et les femmes de plus de 60 ans (0,60 % par rapport aux hommes). Concernant les maladies chroniques, seules les personnes atteintes de fibrillation auriculaire présentaient une surmortalité de

1,66 % comparées aux personnes ne présentant pas cette maladie.

En outre, il a été observé une hétérogénéité entre les villes dans l'estimation de l'effet modificateur des caractéristiques individuelles. Ainsi, il a été démontré que les facteurs de sensibilité ont eu des effets plus marqués dans les villes présentant des concentrations faibles en ozone. Par exemple, la surmortalité de personnes âgées ou des personnes noires était inversement proportionnelle à la concentration moyenne d'ozone. En revanche, le pourcentage des ménages possédant l'air conditionné n'a pas eu d'impact significatif sur la sensibilité des sous-catégories, exceptées pour les personnes atteintes de fibrillation auriculaire. Enfin, la température, la densité de population et la situation géographique des villes n'ont pas eu d'impact significatif sur la sensibilité des sous-catégories de population.

## Discussion et conclusions des auteurs

L'augmentation de 1,1 % chez les personnes âgées est non négligeable comparé à l'augmentation de 0,65 % dans la population entière. Le risque de décès est deux fois plus grand chez les personnes âgées que chez les plus jeunes. Les auteurs estiment que leurs résultats abondent dans le même sens que les études publiées dans la littérature internationale, notamment américaines, chinoises ou latino-américaines. Cependant, en Europe, les études de séries temporelles n'ont pas démontré de différence selon l'âge.

Concernant la différence de sensibilité chez la femme selon l'âge, les auteurs avancent l'hypothèse d'une différence hormonale après la ménopause.

Cette étude est la première, à la connaissance des auteurs, qui observe une plus grande vulnérabilité à la pollution chez les personnes présentant une fibrillation auriculaire. Ceci apporte des indications quand aux mécanismes impliqués dans l'association entre ozone et mortalité, du fait que l'altération de la fonction autonome cardiaque est un mécanisme possible. Ceci est en cohérence avec une étude montrant une augmentation de la fréquence des épisodes de fibrillation auriculaire, chez des patients ayant un défibrillateur, en présence de niveaux élevés d'ozone, et avec des études qui ont déjà observé des relations avec la température.

Les facteurs de sensibilité identifiés dans l'étude semblent jouer un rôle plus important dans les villes avec un faible niveau d'ozone ambiant. Ceci suggère que l'ozone, à de faibles concentrations, a surtout des effets sur les personnes sensibles, alors que les forts niveaux ont des effets sur toute la population.

Les auteurs regrettent de ne pas avoir pu contrôler l'effet des particules dans cette étude, cela est dû au nombre trop faible de mesures.

En conclusion, cette étude confirme que les personnes âgées ont plus de risque de décéder des effets de la pollution atmosphérique par l'ozone. Les auteurs ont aussi identifié d'autres sous-groupes de population plus sensible : les femmes de plus de 60 ans, les personnes de couleur noire ou souffrant de fibrillation auriculaire. L'étude suggère que cette plus grande sensibilité est encore plus marquée pour les villes où les niveaux d'ozone sont les plus faibles. L'identification de ces personnes plus sensibles pourra aider à établir des valeurs guides pour la qualité de l'air plus protectrices pour ces groupes de population.

## ■ Commentaires et conclusions des analystes

---

Cette étude est très intéressante, d'abord du fait du grand nombre de villes étudiées, puis en raison de la méthode statistique utilisée. De nombreux facteurs de plus grande sensibilité à l'ozone ont pu être étudiés, qu'ils soient socio-économiques ou liés à l'état de santé. Cependant, certains points de méthode manquent de clarté. Notamment, pour construire l'indicateur d'ozone, les auteurs semblent avoir utilisé le maximum journalier des moyennes 8 h au vu des niveaux moyens indiqués. Mais cela n'est pas clairement indiqué dans l'article, car cela pourrait être une plage de 8 h fixe. Le fait de ne travailler que sur la période estivale ne pose pas de problème dans le cas de l'ozone qui est un polluant estival.

Le nombre de stations sélectionnées par ville n'est pas indiqué et la représentativité des stations est difficilement appréhendable, car on ne connaît pas la distance maximum existante entre la population et la station de mesure.

Un des intérêts de cette étude est qu'elle applique une méthode statistique encore très peu utilisée dans le domaine des effets de la pollution. Cette méthode, initialement développée pour étudier l'interaction gène-environnement, a été adaptée par Armstrong [1] pour identifier les facteurs modificateurs des effets

d'une exposition variant dans le temps. Les facteurs de sensibilité recherchés sont définis comme des caractéristiques invariables dans le temps qui apparaissent plus fréquemment chez les décédés quand les niveaux d'exposition augmentent. Selon les auteurs, cette méthode présente l'intérêt d'être plus simple à mettre en œuvre et d'avoir plus de puissance statistique que les régressions de Poisson pour estimer les interactions. Cette méthode peut donner des résultats inappropriés s'il existe des interactions entre les caractéristiques étudiées et des variables temporelles autres que l'ozone. C'est la raison pour laquelle les auteurs ont introduit, dans les analyses, un terme pour la saison. Un autre inconvénient est que cette méthode ne permet pas d'estimer le risque associé à la pollution par l'ozone chez les personnes sensibles, mais uniquement la présence ou non d'une augmentation par rapport au risque pour la population générale.

Les résultats vont dans le sens de ce qui est publié dans la littérature. De nombreuses études ont déjà démontré la plus grande sensibilité chez les personnes âgées. Cependant, les résultats de l'étude ne montrent pas une plus grande sensibilité chez les personnes ayant du diabète, contrairement à plusieurs autres études qui ont observé une plus grande sensibilité aux particules.

Néanmoins, il est dommage que les interactions entre les différents groupes n'aient pas été abordées dans l'étude. En effet, la lecture de la synthèse laisse supposer que la population de couleur noire est systématiquement plus sensible à l'ozone, alors qu'il est possible qu'elle soit sur-représentée dans d'autres catégories, comme la population de faible niveau social, chez les femmes de plus de 60 ans ou chez les personnes présentant une fibrillation auriculaire. Le tabagisme n'a pas été étudié. En effet, à titre d'exemple, une prévalence de plus de 30 % a été constatée chez les populations d'origine afro-américaine aux États-Unis [2] ce qui, si le tabac a une influence sur la sensibilité à l'ozone, pourrait expliquer cette sensibilité de la population noire.

En conclusion, cet article permet d'appliquer au domaine des effets de la pollution une nouvelle méthode d'analyse qui mériterait d'être mieux explorée.

[1] Armstrong B. Fixed factors that modify the effects of time-varying factors: applying the case-only approach. *Epidemiology*. 2003;14:467-72.

[2] Caraballo RS, Lee SL, MA, MPH ; Gfroerer J, BA ; Mirza SA. Adult tobacco use among racial and ethnic groups living in the United States. 2002-2005 *Prev Chron Dis* 2008; 5 : A78.