

Niveau de dioxyde de soufre dans l'air extérieur et symptômes respiratoires chez des écoliers tchèques et polonais : une étude locale (SAVIAH)

Outdoor sulphur dioxide and respiratory symptoms in Czech and Polish school children: a small-area study (SAVIAH)

Pikhart H, Bobak M, Goryski P, Wojtyniak B, Danova J, Celko MA, Kriz B, Briggs D, Elliott P.

Int Arch Occup Environ Health 2001;74:574-8.

Analyse commentée par

Laurence Rouil¹ et Sabine Host²

¹ Ineris, Verneuil-en-Halatte

² Observatoire régional de la santé (ORS) Île-de-France, Paris

■ Contexte

L'exposition à la pollution de l'air a été reliée à des effets respiratoires. Cependant, les effets à long terme soulèvent la controverse. Des études portant sur les expositions à long terme sont donc encore nécessaires.

Pour analyser l'association entre les variations à court terme des niveaux des indicateurs de pollution et les effets sur la santé, de nombreux chercheurs ont adopté la méthode des séries temporelles. Or, cette approche ne convient pas à l'étude des effets à long terme et des effets chroniques de ces expositions. Des études géographiques permettant de comparer l'occurrence des effets en fonction de différents niveaux de pollution seraient plus appropriées. Dans cette étude, menée dans deux villes d'Europe centrale où les niveaux de SO₂ sont relativement élevés, les auteurs utilisent une nouvelle méthode basée sur la modélisation de la pollution atmosphérique couplée à un système d'information géographique (SIG). Cette méthode permet d'estimer les niveaux de concentration des polluants atmosphériques à très petite échelle sur une zone géographique déterminée.

■ Résumé de l'étude

Objectifs

Cette étude examine la relation entre les niveaux de SO₂ dans l'air extérieur et les symptômes respiratoires chez des enfants. La méthode d'estimation des expositions mise en œuvre ainsi que les niveaux élevés d'exposition au SO₂ augmentent les chances de mettre en évidence une relation positive si elle existe.

Méthode

L'étude SAVIAH (Small-Area Variation in Air Pollution and Health) est une étude multicentrique menée entre 1993 et 1994 dans plusieurs villes d'Europe de l'Est et centrale. Pour cette étude, les centres de République Tchèque et de Pologne ont été retenus soit respectivement la zone de Prague (proche banlieue) couvrant environ 48 km², c'est-à-dire moins de 20 % de la surface de l'agglomération, et la zone de Poznan couvrant 185 km² soit 70 % de l'agglomération. Dans ces deux zones, les variations de niveaux de polluants atmosphériques sont importantes, des zones résidentielles, industrielles et agricoles étant juxtaposées. Les enfants inclus dans l'enquête ont été recrutés *via* les écoles localisées dans les deux zones d'étude (toutes les écoles primaires de ces zones ayant participé à l'enquête). N'ont été retenus que ceux habitant dans la zone d'étude. Un questionnaire a ainsi été adressé aux parents de 8 013 enfants âgés de 7 à 10 ans. Avec un

taux de réponse de 91 %, et un taux de 85 % de réponses valides, cette étude est finalement basée sur 6 959 enfants (3 680 à Prague et 4 333 à Poznan). Ce questionnaire est issu des questionnaires de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'enquête ISAAC. Il a été administré en octobre 1993, au moment de la première campagne de mesures. Il inclut des informations sur la santé respiratoire des enfants, les facteurs démographiques et socio-économiques, le logement (type, signes d'humidité, appareils de cuisson, mode de chauffage), les habitudes tabagiques des parents, les antécédents familiaux...

Pour l'analyse, les symptômes suivants ont été retenus : sifflements au cours des 12 derniers mois, sifflements au moins une fois au cours de l'existence, asthme diagnostiqué par un médecin, toux sèche durant la nuit au cours des 12 derniers mois.

Les niveaux de SO₂ dans l'air extérieur ont été mesurés à l'aide de capteurs passifs répartis sur 80 sites à Poznan et 50 sites à Prague au cours de deux campagnes de deux semaines (en octobre 1993 et en février 1994). Les sites de mesure ont été choisis en fonction de la topographie, de la répartition des sources de polluants et de l'emplacement des écoles (chaque école était dotée d'un capteur). Les niveaux de polluants ont été interpolés sur toute la zone par krigeage (incluant les 20 points de mesure les plus proches) avec un maillage de 10m x 10m. Ces niveaux ont été intégrés dans un SIG (ArcInfo). L'exposition individuelle a été estimée en faisant une moyenne de la concentration en SO₂ au lieu du domicile des enfants et de leur école.

Aucune différence majeure n'a été mise en évidence entre les deux centres, ainsi les données ont été agrégées. Après ajustement sur le centre, les résultats ne varient pas. La relation entre niveaux d'exposition et symptômes respiratoires a été étudiée par régressions logistiques à l'aide d'un modèle multivarié. Les odds ratios (OR) ont été ajustés sur l'âge, le genre, le centre d'étude et les autres variables renseignées dans le questionnaire. Les niveaux de SO₂ ont été modélisés comme variable continue et les OR sont exprimés pour une augmentation de 50 µg/m³ des concentrations de SO₂. Les intervalles de confiance ont été calculés à l'aide du logiciel Stata selon la méthode de Huber.

Résultats

L'exposition moyenne au SO₂ estimée était de 80 µg/m³ à Poznan (fourchette allant de 44 à 140 µg/m³) et de 84 µg/m³ à Prague (fourchette allant de 66 à 97 µg/m³).

La prévalence des problèmes respiratoires était similaire dans les deux villes. 12 % des enfants ont manifesté des sifflements au cours des 12 derniers mois, 28 % au moins une fois au cours de leur existence, 14 % ont souffert d'une toux nocturne et 3 % présentaient un asthme diagnostiqué par un médecin. Après ajustement

sur les facteurs de confusion, l'exposition au SO₂ était associée significativement avec des sifflements au cours des 12 derniers mois OR = 1,32 [IC 95 % : 1,10 ; 1,57], avec des sifflements au moins une fois au cours de la vie OR = 1,13 [0,99 ; 1,3] et avec un asthme diagnostiqué par un médecin OR = 1,39 [1,01 ; 1,92].

La corrélation entre les niveaux de SO₂ estimés au domicile des enfants et à l'école était forte (r = 0,91) et les OR (sifflements dans les 12 derniers mois) étaient similaires, que l'on considère l'exposition au domicile ou à l'école.

Discussion et conclusions des auteurs

La principale difficulté pour l'évaluation de ces effets à long terme est la mesure de l'exposition. Les niveaux de pollution ne sont pas homogènes, de plus, les individus ne passent qu'une faible part de leur temps à l'extérieur, ainsi les niveaux mesurés à l'extérieur ne suffisent pas à estimer l'exposition individuelle des personnes.

Dans cette étude, les niveaux de pollution ont été estimés à une échelle géographique fine. En théorie, cela permet d'évaluer au mieux les expositions relatives des personnes, cependant les expositions individuelles réelles n'ont pu être mesurées afin de vérifier la validité des modèles utilisés. Il subsiste certainement des erreurs de classification des personnes exposées. Cette erreur, conservant un caractère aléatoire, est susceptible d'entraîner une sous-estimation de la relation entre exposition au SO₂ et symptômes respiratoires.

Dans cette étude, les émissions de SO₂ proviennent de sources industrielles et, en proportion moindre, de sources domestiques liées au chauffage. La distribution spatiale modélisée selon la méthode d'interpolation est en accord avec les résultats des modèles d'émission. Au cours de l'année, les émissions industrielles ne varient pas, contrairement aux émissions liées au chauffage essentiellement présentes en hiver. De plus, les niveaux de pollution évoluent de manière homogène d'une année sur l'autre, les différences de niveau restant stables. Ainsi, il est estimé que la distribution spatiale des niveaux de SO₂ modélisée dans cette étude caractérise bien la distribution spatiale hivernale au cours des dernières années.

Compte tenu de la faible mobilité des populations étudiées, ces niveaux sont considérés comme représentatifs de l'exposition des personnes au cours de ces dernières années.

L'association entre les niveaux de SO₂ et la survenue de sifflements est relativement forte et n'est pas modifiée après ajustement sur d'autres facteurs tels que les caractéristiques de l'environnement intérieur ou le statut socio-économique. Cependant, cette étude ne permet pas de conclure que le SO₂ est l'agent responsable des symptômes relevés ici, les niveaux de SO₂ étant étroitement corrélés aux niveaux de particules.

En conclusion, dans ces deux villes d'Europe centrale qui présentent des niveaux relativement élevés de SO₂, les indicateurs d'une exposition à long terme au SO₂ en hiver sont associés significativement avec un excès de risque de symptômes respiratoires (sifflements ou asthme diagnostiqué). La principale limite de cette étude est l'impossibilité de relier avec certitude les concentrations de polluants modélisées aux expositions individuelles, cependant cette méthode d'estimation des concentrations de polluants pourrait s'avérer utile dans le domaine des études épidémiologiques sur la pollution de l'air.

■ Commentaires et conclusion des analystes

Les cartographies utilisées dans l'étude sont établies à partir de prélèvements de SO₂ sur tubes passifs. Cette technologie est suffisamment aboutie pour ce type d'analyse. Pour Prague, 50 tubes ont été disposés sur une aire de 48 km², soit une densité moyenne d'un tube environ par km². Pour Poznan, la densité est plus faible, avec 80 tubes répartis sur 185 km², soit un tube pour 2,3 km² en moyenne. Il n'empêche que, dans les deux cas, la densité des points de prélèvement est remarquablement élevée et permet de garantir une bonne représentativité spatiale des mesures effectuées.

On note cependant que les prélèvements ont été réalisés à une hauteur de 3 m, ce qui paraît un peu élevé pour être représentatif de ce que respire un enfant. Cela peut également se traduire par une sous-estimation de l'impact de sources situées "au niveau du sol" telles que celles liées au trafic automobile.

Il n'y a pas de commentaire particulier à apporter sur la méthode de cartographie. La technique de krigeage est couramment utilisée et éprouvée dans le domaine de la qualité de l'air. Sa pertinence a été démontrée pour les configurations dans lesquelles les points de mesures sont suffisamment nombreux. Cela correspond bien à la situation de l'étude. On peut simplement regretter que l'étude ne s'appuie que sur deux campagnes de 15 jours pour chaque ville. La représentativité temporelle de la démarche est donc certainement limitée.

Certaines limites de l'étude sont énoncées de manière pertinente dans l'article :

- non prise en compte réelle de l'exposition aux concentrations intérieures ;
- forte hétérogénéité des concentrations extérieures représentée de manière imparfaite.

Ces points sont atténués par l'objectif de long terme affiché. Cependant, il aurait été intéressant de disposer d'une carte de concentrations reconstituée, afin d'apprécier les gradients de concentration obtenus et la

validité des résultats fournis par la méthode de krigeage. Les problèmes rencontrés sont généralement des effets de pépites (forts gradients de concentration sur une zone de faible dimension), souvent non physiques, qui peuvent perturber l'interprétation des résultats. Cependant la densité de points de mesure peut contribuer à nous rassurer sur ce point.

Une deuxième réserve concerne la prise en compte des concentrations maximales dans la démarche. La mesure représente une moyenne des concentrations sur les 15 jours de la période de mesure. Les pics ne sont donc pas distingués. On comprend que l'objectif de long terme permet d'accepter cette hypothèse. Cependant, si des événements particuliers se sont produits durant la période de mesure (travaux, maintenance industrielle...), ils peuvent être de nature à changer les résultats. Les auteurs auraient pu apporter une précision sur ce point, en comparant par exemple les mesures obtenues lors de la campagne à des mesures issues de sites fixes mesurant les concentrations en continu.

Une comparaison avec les inventaires d'émission a été faite pour démontrer la représentativité spatiale de l'approche. L'idée est recevable, cependant cet aspect n'est nullement illustré dans l'article (par exemple à l'aide de cartes d'immissions et d'émissions). De plus, il est précisé que l'étude s'attache surtout à démontrer l'impact de grandes sources industrielles. Généralement, les cartes de concentrations imputables à ces sources ne coïncident pas avec les cartes décrivant leur positionnement. L'effet de dispersion atmosphérique induit une dérive des polluants qui peuvent s'accumuler à plusieurs centaines de mètres, voire quelques kilomètres de la source. Cet aspect n'est malheureusement pas discuté dans l'article. La comparaison émissions/immissions devrait être plus satisfaisante pour les émissions liées au chauffage résidentiel et au trafic automobile. Ces sources induisent des concentrations moins dispersées à travers une ville, et tendraient à mieux expliquer la représentation spatiale relativement homogène des concentrations énoncée par les auteurs.

Outre ces aspects météorologiques, les auteurs réalisent une simple moyenne arithmétique des niveaux de polluant relevés près de l'école et près du domicile de l'enfant pour estimer l'exposition individuelle, or cette démarche n'est pas argumentée.

Ces remarques ne changent pas la nature générale des conclusions qui mettent en évidence la corrélation entre concentrations de SO₂ et symptômes asthmatiques. À ce titre, les résultats qu'énonce cette étude semblent cohérents. En effet, comme on pouvait s'y attendre, il n'a pas été trouvé d'associations significatives avec les symptômes les moins spécifiques, tels que toux nocturnes. À l'inverse, plus les symptômes respiratoires sont spécifiques, plus le lien est fort. On constate cependant que l'OR ajusté pour l'asthme diagnostiqué

est tout juste significatif [IC 95 % : 1,01 ; 4,92], cela étant dû à la faiblesse de l'effectif, l'asthme n'ayant été diagnostiqué que chez 3 % des individus en moyenne, soit 226 enfants. La survenue de sifflements au cours des 12 derniers mois semble être un meilleur indicateur sanitaire, plus sensible. À côté de cela, il aurait pu être intéressant de mettre ces résultats en perspective avec des données relatives à d'autres polluants atmosphériques potentiellement influents, tels que les oxydes d'azote et l'ozone. En effet, des techniques métrologiques et numériques du même type que celles

utilisées dans l'étude en question peuvent être mise en œuvre pour ces polluants.

L'intérêt des SIG pour ce type d'analyse épidémiologique constitue une conclusion majeure de l'étude. Cependant elle aurait gagné à être argumentée par quelques représentations cartographiques qui auraient permis de mieux appréhender les relations décrites. L'interprétation fournie par rapport aux sources d'émission industrielles, dans laquelle les effets de dispersion ne sont nullement évoqués, reste insuffisante pour une conclusion définitive.