

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Mulhouse, septembre 2012

Clément Palanchon¹, Mathilde Pascal², Magali Corso², Christine Meffre¹, Claire Janin¹

1/ Institut de veille sanitaire (InVS), Département de coordination des alertes en région, Cire Lorraine-Alsace, Nancy

2/ Institut de veille sanitaire (InVS), Département santé environnement, Saint-Maurice

QUELS SONT LES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA SANTÉ ?

La pollution de l'air constitue une préoccupation importante de santé publique, de part son impact substantiel sur l'état de santé de la population et du fait que toute personne est concernée.

Parmi les effets sanitaires de la pollution atmosphérique, on distingue les effets d'une exposition à court terme et ceux liés à une exposition à long terme.

Les **effets à court terme** sont des « manifestations » cliniques, fonctionnelles ou biologiques aiguës survenant dans des délais brefs (quelques jours, semaines) après l'exposition à la pollution atmosphérique. Plusieurs études épidémiologiques documentent les impacts sanitaires à court terme de cette pollution, et s'accordent à retrouver des associations significatives entre de fortes concentrations d'ozone, généralement observées en période estivale, et une augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour causes respiratoires. Les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) sont également associées à une augmentation de la mortalité toutes causes, et une augmentation des hospitalisations pour causes respiratoires et cardiovasculaires.

Toutes ces études montrent qu'il n'existe a priori pas de seuil protecteur en deçà duquel aucun impact sanitaire n'est observé.

Les **effets à long terme** peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et induire une surmortalité ainsi qu'une réduction de l'espérance de vie. Pour ces effets, des études internationales ont montré un lien entre les concentrations de particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) et la mortalité, notamment cardiovasculaire.

Par ailleurs, cet impact à long terme de l'exposition chronique est largement plus substantiel que l'impact à court terme. L'exposition chronique au long cours a donc beaucoup plus d'impact que les épisodes ponctuels de « pics » de pollution, même répétés.

Certaines populations sont plus sensibles que d'autres en termes d'effets sur la santé :

- les **enfants** dont les poumons ne sont pas complètement formés (la fin de la croissance de l'appareil pulmonaire se produit vers 10-12 ans) ;
- les **personnes âgées**, qui sont plus sensibles en raison du vieillissement des tissus respiratoires et de pathologies plus fréquemment associées, ainsi que d'une diminution des défenses respiratoires ;
- les **personnes souffrant de pathologies chroniques** (par exemple : maladies respiratoires chroniques ou maladies cardiovasculaires, diabète).

En raison de l'augmentation de la ventilation lors de l'activité physique, les **personnes pratiquant une activité sportive** sont soumises à une exposition plus importante.

L'impact de la pollution atmosphérique sur la santé humaine est difficile à appréhender, pour de multiples raisons :

- la pollution de l'air est un mélange complexe composé d'un grand nombre de polluants qui peuvent réagir entre eux pour former des polluants secondaires ;
- l'exposition à la pollution atmosphérique est hétérogène dans le temps et dans l'espace et dépend notamment des lieux fréquentés par l'individu et de ses activités ;
- les risques individuels sont faibles mais à l'échelle de la population tout entière, les impacts ne sont pas négligeables car toute la population est exposée ;
- l'état de santé et les antécédents pathologiques, qui modifient la sensibilité vis-à-vis de la pollution atmosphérique, sont différents pour chaque individu ;
- les maladies susceptibles d'être liées à la pollution de l'air sont multifactorielles, c'est-à-dire que la pollution n'est qu'un facteur, parmi d'autres, qui contribue à leur aggravation voire à leur apparition.

Néanmoins, la concordance et la cohérence des études épidémiologiques et biologiques ont permis d'accepter la nature causale des effets des polluants atmosphériques sur la santé pour l'ozone et les particules. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a ainsi produit un ensemble de recommandations et de valeurs guides pour les concentrations en polluants [1].

COMMENT PEUT-ON QUANTIFIER L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ?

Une évaluation d'impact sanitaire (EIS) vise à quantifier l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé. Les résultats des EIS permettent d'illustrer par des données chiffrées le fait que toute réduction des niveaux des polluants dans l'air pourrait entraîner des gains sanitaires importants.

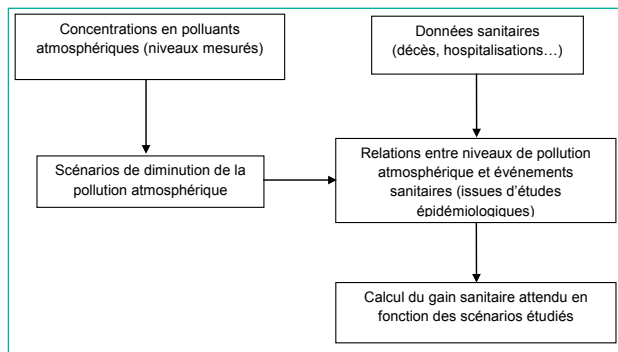
En effet, une EIS permet, par exemple, d'estimer au sein d'une population le nombre d'événements sanitaires (décès anticipés, hospitalisations...) attribuables aux variations des niveaux de la pollution pour des scénarios de diminution de la pollution de l'air, en s'appuyant sur les résultats d'études épidémiologiques montrant des liens entre polluants et santé.

La figure 1 illustre un résumé de la méthode d'une évaluation d'impact sanitaire.



I FIGURE 1 I

Principe de l'évaluation de l'impact sanitaire, adapté du projet européen Aphekom



QUEL EST L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE EN EUROPE ?

En 2011, le projet Aphekom (Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe), coordonné par l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'université d'Umea (Suède) a évalué l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine et les coûts associés dans 25 villes de 12 pays européens pour la période 2004-2006 [2].

Impact sur l'espérance de vie et les dépenses de santé

L'évaluation de l'impact sanitaire dans 25 grandes villes européennes montre que l'espérance de vie pourrait augmenter pour les personnes âgées de 30 ans et plus si les niveaux moyens annuels de particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) étaient ramenés au seuil de 10 µg/m³, valeur guide préconisée par l'OMS [1].

Chaque année, le dépassement des valeurs guides OMS sur les PM_{2,5} dans les 25 villes européennes est à l'origine de :

- **19 000 décès** anticipés par an (près de 3000 dans les 9 villes françaises), dont 15 000 en lien avec des pathologies cardiovasculaires ;
- **31,5 milliards d'euros** de dépenses de santé, incluant les coûts liés à l'absentéisme, à la perte de bien-être, à la qualité et l'espérance de vie.

Cependant, ces résultats sous-estiment l'impact des PM_{2,5} dans les villes françaises puisque la méthode de mesure utilisée sur la période 2004-2006 n'incluait pas la fraction volatile des particules, ce qui conduisait vraisemblablement à sous-estimer les niveaux réels de ce polluant, malgré l'utilisation d'un facteur de correction saisonnier.

Influence du trafic routier sur les événements de santé attribuables à la pollution atmosphérique

Les résultats du projet Aphekom ont montré qu'habiter à proximité du trafic routier est un facteur majorant dans le développement de pathologies chroniques.

Il a été estimé notamment que, dans 10 villes européennes, le fait d'habiter à proximité du trafic routier (moins de 150 mètres)

pourrait être responsable d'environ **15 à 30 % des nouveaux cas d'asthme chez l'enfant et de certaines pathologies chroniques respiratoires et cardio-vasculaires** chez les adultes de 65 ans et plus.

Au total, pour ces villes, le coût associé à ces événements de santé s'élèverait à plus de **300 millions d'euros** chaque année.

Le projet Aphekom a également permis de mettre en évidence l'efficacité de la mise en place des politiques ambitieuses sur la qualité de l'air. La réglementation de l'Union Européenne de réduction des niveaux de soufre dans les carburants a ainsi permis de diminuer les niveaux de SO₂ de l'ordre de 66 %, se traduisant par 2200 décès prématurés évités et 192 millions d'euros économisés.

Améliorer la qualité de l'air des villes européennes entraînerait donc un bénéfice non négligeable en termes de qualité de vie, d'augmentation de l'espérance de vie et se traduirait par une réduction conséquente des coûts pour la santé.

QUEL EST L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DANS L'AGGLOMÉRATION DE MULHOUSE ?

En 2012, dans le cadre des actions du deuxième plan régional santé-environnement (PRSE 2) et de la préparation du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de l'agglomération de Mulhouse, la Cellule de l'Institut de veille sanitaire en région (Cire) Lorraine-Alsace a évalué l'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique dans cette agglomération.

Cette étude a été conduite selon la dernière mise à jour du guide méthodologique proposé par l'Institut de veille sanitaire [3], utilisée dans le cadre du projet Aphekom.

Choix de la période d'étude

La période d'étude retenue porte sur les années 2008-2009. Les caractéristiques météorologiques de cette période sont proches de celles des années antérieures, sans comporter d'événements climatiques exceptionnels.

Caractéristiques de la zone d'étude

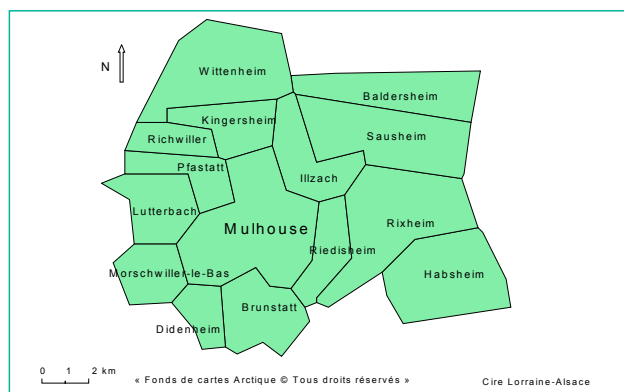
La zone d'étude doit répondre à deux critères essentiels :

- la majorité des déplacements de la population doit se faire à l'intérieur de la zone d'étude ;
- l'exposition de la population à la pollution atmosphérique doit être la plus homogène possible dans la zone. Les expertises de l'Association agréée pour la surveillance de la pollution atmosphérique en Alsace (ASPA), la Direction régionale de l'environnement, l'aménagement et le logement en Alsace (DREAL) et l'Agence régionale de santé d'Alsace (ARS) ont été requises pour vérifier cette hypothèse.

La présence de ceintures vertes aux quatre points cardinaux de la ville, induisant une certaine discontinuité urbaine, ne permettait pas de faire l'hypothèse d'une exposition homogène de la population résidant dans l'ensemble de l'agglomération mulhousienne. La zone d'étude définitive se compose donc de 15 communes (carte) dans lesquelles la pollution était jugée homogène.

I CARTE I

Zone d'étude de l'évaluation d'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique réalisée dans l'agglomération de Mulhouse



La zone d'étude compte 220 656 habitants, soit 12 % de la population d'Alsace. La structure d'âge de la population est assez semblable à celle retrouvée au niveau national. Les 40 661 individus de moins de 15 ans représentent 18 % de la population tandis que les 35 077 personnes âgées de 65 ans et plus en représentent 16 % (source : Insee, recensement 2008).

L'analyse des transports domicile-travail a permis de mettre en évidence que la majorité de la population active (plus de 60 %) réside et travaille dans les communes de la zone d'étude.

Indicateurs de pollution

La méthode de l'EIS s'appuie sur les résultats d'études épidémiologiques montrant des liens entre polluants et santé. Les études les plus pertinentes pour réaliser une EIS ont été sélectionnées par le département santé-environnement de l'InVS suite à une revue de la littérature, dans la perspective d'amélioration permanente de la méthode. Cette sélection a conduit à s'intéresser aux PM_{10} et à l'ozone pour étudier les effets sanitaires à court terme et aux $PM_{2,5}$ pour les effets à long terme.

Les données environnementales (concentrations en PM_{10} , $PM_{2,5}$ et ozone) ont été fournies par l'ASPA.

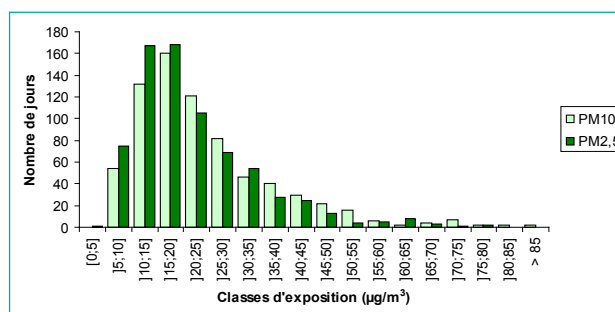
Concernant la mesure des $PM_{2,5}$, la mesure de la fraction volatile n'est réalisée que depuis l'année 2009. Avant cette date, seule la fraction non volatile était prise en compte. Pour la période 2008-2009, le choix a donc été fait d'estimer les concentrations de $PM_{2,5}$ (fraction volatile comprise) à partir des données de PM_{10} en appliquant un facteur de correction établi à partir des ratios de concentrations $PM_{2,5}/PM_{10}$ des années 2009, 2010 et 2011 sur l'agglomération mulhousienne.

Dans l'agglomération de Mulhouse, de 2008 à 2009, la concentration annuelle moyenne en PM_{10} était de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectant l'objectif de qualité fixé par la réglementation française en vigueur de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La distribution par classes d'exposition montre que la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an a été dépassée en moyenne environ 20 jours par an (figure 2).

La concentration annuelle moyenne en $PM_{2,5}$, qui a été estimée à $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est supérieure à l'objectif de qualité national et à la recommandation de l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (figure 2).

I FIGURE 2 I

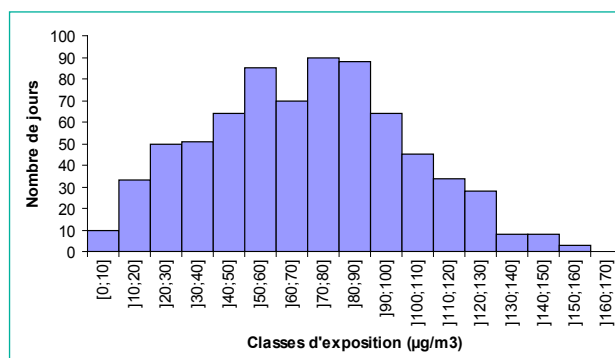
Distribution par classes des concentrations d'exposition des particules (PM_{10} et $PM_{2,5}$) en fonction du nombre de jours dans l'agglomération de Mulhouse de 2008 à 2009



En moyenne, durant la période d'étude, la concentration maximale journalière (moyenne sur 8 heures) en ozone était de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'objectif de qualité de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé durant 47 jours alors que la valeur guide de l'OMS de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée 126 jours, soit 17 % du temps de 2008 à 2009 (figure 3).

I FIGURE 3 I

Distribution par classes des concentrations d'exposition en ozone en fonction du nombre de jours dans l'agglomération de Mulhouse de 2008 à 2009



Indicateurs sanitaires

Les données de mortalité ont été transmises par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC) de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) tandis que les données concernant les hospitalisations provenaient du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI). Les nombres moyens annuels de décès et d'hospitalisations pour causes cardiovasculaires et respiratoires sont présentés dans le tableau 1.

I TABLEAU 1 I

Nombres annuels de décès et d'hospitalisations pour causes cardiovasculaires et respiratoires, agglomération de Mulhouse, période 2008-2009

Mortalité toutes causes*	Hospitalisations			
	cardiovasculaires		respiratoires	
	tous âges	tous âges	tous âges	15-64 ans 65 ans et plus
1 627	3 041	2 441	798	699

* hors morts violentes et accidentelles

Scénarios retenus

Afin d'évaluer le gain sanitaire attendu si des mesures visant à réduire les niveaux de pollution observés étaient prises, différents scénarios ont été étudiés :

- Scénario « réduction de fond » : diminution de 5 µg/m³ des valeurs annuelles pour l'ozone, les PM₁₀ et les PM_{2,5}.
- Scénario « OMS » :
- ozone : les niveaux journaliers (maximum journalier des moyennes sur 8 heures) mesurés sont ramenés à 100 µg/m³ (valeur guide recommandée par l'OMS actuellement) pour les jours où ce seuil est dépassé ;
- particules : les niveaux moyens annuels sont abaissés aux recommandations OMS (20 µg/m³ en moyenne annuelle pour les PM₁₀ et 10 µg/m³ en moyenne annuelle pour les PM_{2,5}).

Pour les PM₁₀, diminuer les valeurs annuelles de 5 µg/m³ revient à appliquer les recommandations de l'OMS, le niveau moyen annuel des PM₁₀ étant de 25 µg/m³. Ainsi, il n'existe finalement qu'un seul scénario pour ce polluant.

Résultats de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans l'agglomération de Mulhouse

Impact à court terme

L'abaissement du niveau de PM₁₀ à 20 µg/m³ permettrait d'éviter chaque année 5 décès, 15 hospitalisations pour causes respiratoires et 10 hospitalisations pour causes cardiovasculaires.

Les deux scénarios utilisés pour l'ozone aboutissent à moins de 5 décès évitables et moins de 5 hospitalisations respiratoires évitables, qui ne concerneraient que les personnes âgées de plus de 65 ans.

Chiffres clés – Impact à court terme

Respecter les recommandations OMS pour les PM₁₀ conduirait chaque année pour l'agglomération de Mulhouse à un gain sanitaire de :

- 5 décès anticipés ;
- 15 hospitalisations pour motif respiratoire ;
- 10 hospitalisations pour motif cardiovasculaire.

Le gain sanitaire lié aux abaissements des niveaux d'ozone est de moins de 5 décès et hospitalisations par an.

Impact à long terme

Pour une diminution des moyennes annuelles en PM_{2,5} de 5 µg/m³, le gain sanitaire potentiel est estimé à près de 50 décès évités par an, correspondant à un gain moyen d'espérance de vie à 30 ans de l'ordre de 3,6 mois.

Le gain serait de 100 décès évités par an si les niveaux de particules fines respectaient la norme française d'objectif de qualité et la valeur guide recommandée par l'OMS (moyenne annuelle de 10 µg/m³), ce qui correspond à un gain moyen d'espérance de vie à 30 ans de 9,6 mois (tableau 2).

I TABLEAU 2 I

Décès évitables et gain en espérance de vie à 30 ans dans l'agglomération de Mulhouse selon deux scénarios de réduction des niveaux de PM_{2,5} – impact à long terme

Décès toutes causes 30 ans et plus		Mortalité cardiovasculaire 30 ans et plus		Gain en espérance de vie à 30 ans (mois)	
Gain « diminution de 5 µg/m ³ de la moyenne annuelle »	Gain « abaissement de la moyenne annuelle à 10 µg/m ³ »	Gain « diminution de 5 µg/m ³ de la moyenne annuelle »	Gain « abaissement de la moyenne annuelle à 10 µg/m ³ »	Gain « diminution de 5 µg/m ³ de la moyenne annuelle »	Gain « abaissement de la moyenne annuelle à 10 µg/m ³ »
46	102	26	57	3,6	9,6

Chiffres clés – Impact à long terme

Dépasser la valeur guide de l'OMS pour les $PM_{2,5}$ au sein de l'agglomération de Mulhouse se traduit par :

- 100 décès anticipés par an (dont 57 pour causes cardiovasculaires) ;
- près de 10 mois de vie perdus.

Valorisation économique de l'impact sanitaire

La méthodologie du projet européen Aphekom permet d'évaluer le coût économique associé aux impacts de la pollution de l'air en estimant le bénéfice associé à un report de la mortalité à court et long terme, au gain d'espérance de vie ainsi qu'aux hospitalisations évitées. Ce calcul prend en compte les dépenses de santé, le coût de l'absentéisme, les coûts associés à la perte de bien-être, à la qualité et l'espérance de vie.

Ainsi, pour l'impact à court terme sur l'agglomération de Mulhouse, le respect des valeurs guides de l'OMS pour les PM_{10} pourrait représenter un gain économique d'environ 400 000 euros par an.

L'impact économique de la diminution des concentrations en $PM_{2,5}$ à long terme serait plus important. Respecter les lignes directrices de l'OMS s'évaluerait à environ 200 millions d'euros d'économie par an.

Chiffres clés – Impact économique

Le gain économique associé à une diminution de la pollution atmosphérique particulaire est estimé à **plus de 200 millions d'euros par an**.

CONCLUSION

Un impact collectif à long terme important

L'impact estimé représente celui de la pollution atmosphérique urbaine dans son ensemble, et non pas celui d'un polluant en particulier. En effet, si les polluants peuvent avoir une toxicité propre, ils sont avant tout des indicateurs d'un mélange physico-chimique complexe.

L'impact sanitaire à long terme dans l'agglomération mulhousienne estime à une centaine le nombre de décès par an qui pourraient être évités si le niveau de fond particulaire était réduit aux recommandations de l'OMS, ce qui équivaut à un gain de près de 10 mois d'espérance de vie à l'âge de 30 ans. Ceci représente un gain attendu de plus de 200 millions d'euros par an en prenant en compte les dépenses de santé, le coût de l'absentéisme, les coûts associés à la perte de bien-être, à la qualité et l'espérance de vie.

La méthodologie utilisée présente quelques limites qu'il convient de discuter. Ainsi, les résultats de cette étude

donnent un ordre de grandeur minimal de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine et ne caractérisent que les événements de santé les plus graves (décès, hospitalisations). Ils ne prennent pas en compte les passages aux urgences ni les pathologies traitées en médecine ambulatoire (allergies, asthme, irritations oculaires...) qui peuvent être liées à la pollution atmosphérique et touchent une part plus importante de la population. Les résultats sous-estiment donc l'impact réel de la pollution.

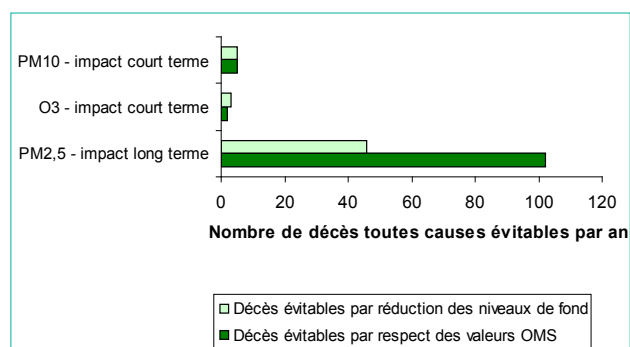
Une action possible pour améliorer la santé de la population

L'agglomération de Mulhouse est caractérisée par des niveaux de polluants atmosphériques respectant la réglementation en vigueur, mais supérieurs aux recommandations de l'OMS pour protéger la santé. Cette étude indique que réduire la pollution à long terme permettrait d'éviter chaque année un nombre non négligeable de décès anticipés.

Ces résultats montrent qu'une action est possible pour préserver la santé de la population mulhousienne en diminuant les concentrations des polluants, particulièrement les $PM_{2,5}$ dont l'impact sanitaire est plus important (figure 4).

FIGURE 4 I

Nombre de décès toutes causes confondues évitables dans l'agglomération de Mulhouse selon deux scénarios de réduction de la pollution atmosphérique - impact à court et long terme



L'enjeu de santé publique est donc de réduire le risque de la population, résultant d'une exposition chronique même à des niveaux modérés. Sachant qu'il n'existe pas de seuil en deçà duquel la pollution n'a pas d'effet sur la santé, toute baisse de la pollution se traduirait par une diminution des événements sanitaires.

Un gain sanitaire conséquent ne pourra être obtenu qu'à condition de parvenir à une amélioration durable de la qualité de l'air tout au long de l'année.

En termes de communication, il est important de sensibiliser la population et les parties prenantes (décideurs, entreprises, industriels...) sur la nécessité d'agir au quotidien de manière préventive et non pas uniquement lors des épisodes de pollution.

REMERCIEMENTS

La Cire Lorraine-Alsace remercie Christophe Declercq du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire, Cyril Pallares de l'Association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace, Carl Heimanson et Christophe Piegza de l'Agence régionale de santé d'Alsace, Michael Bertin et Sonia Doisy de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement en Alsace, ainsi que les services de Météo France, et de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) pour leur contribution à cette étude.

La Cire Lorraine-Alsace remercie également Laurence Pascal de la Cire Sud pour la relecture et la validation scientifique de ce document.

En savoir plus

[1] Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde de soufre et dioxyde d'azote, mise à jour 2005, disponible à partir de l'URL : http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf

[2] Summary report of the Aphekom project, disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp_aphekom_010311/Aphekom_summary_report.pdf ou <http://www.aphekom.org>

[3] www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/default.htm

Mots clés : évaluation d'impact sanitaire, pollution de l'air, particules, ozone, Mulhouse

Citation suggérée :

Palanchon C, Pascal M, Corso M, Meffre C, Janin C. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Mulhouse, septembre 2012. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 6 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>