

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Saint-Étienne, 2009-2011

Jean-Marc Yvon, Caroline Huchet-Kervella
Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Rhône-Alpes

CHIFFRES CLÉS

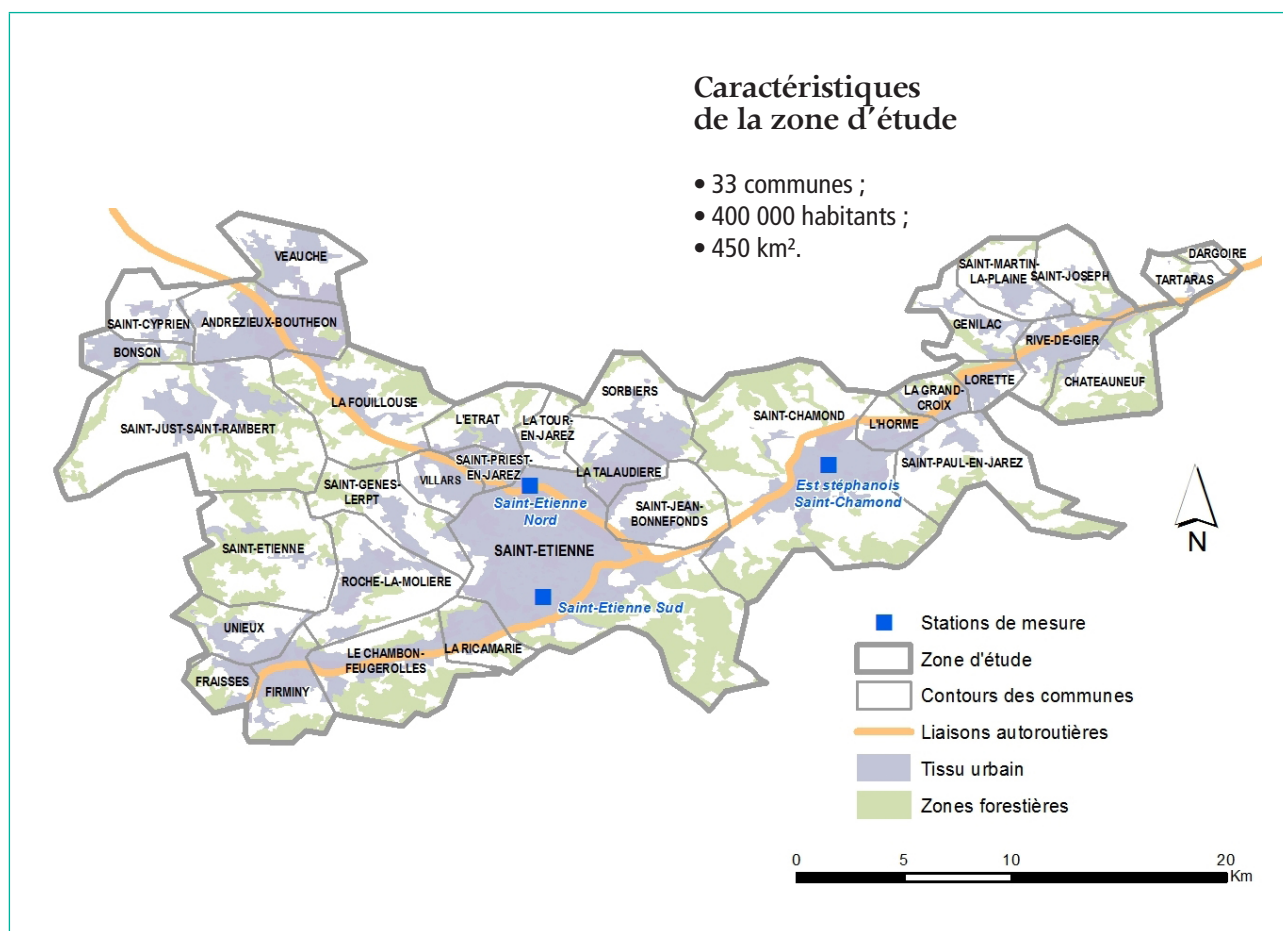
- Impact à **court terme** : le respect des valeurs guide de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'ozone et les particules fines PM_{10} permettrait d'éviter chaque année **13 décès** et **46 hospitalisations** pour causes respiratoires et cardiaques.
- Impact à **long terme** : le respect de la valeur guide de l'OMS pour les particules fines $PM_{2,5}$ se traduirait par **200 décès** évités par an soit un gain moyen de l'**espérance de vie** à 30 ans de **8 mois**.

MESSAGES À RETENIR

- Une **réduction de la pollution** atmosphérique peut permettre un **bénéfice sanitaire** non négligeable.
- Il est essentiel de **réduire les niveaux de fond**, c'est-à-dire la pollution de tous les jours liée notamment aux **particules**, pour améliorer la qualité et l'espérance de vie des habitants.

I FIGURE 1 I

Carte de la zone d'étude de Saint-Étienne



Sources : CORINE Land Cover, 2006 ; IGN-BDTopo, 2011 ; IGN-GéoFLA, 2011 ; InVS, 2014

CONTEXTE

Qu'est ce que la pollution atmosphérique ?

La pollution atmosphérique est un **mélange complexe de composés**. Deux types de polluants sont distingués. Les polluants primaires sont directement émis par une source (voitures, industries...). Les polluants secondaires comme l'ozone sont formés dans l'atmosphère par réactions chimiques. Des polluants qualifiés d'indicateurs représentent globalement la pollution atmosphérique. Les plus classiquement surveillés sont les particules fines de diamètre inférieur à 10 μm (PM_{10}) ou à 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), l'ozone, le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2). En Rhône-Alpes, leur surveillance est assurée par l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) Air Rhône-Alpes.

Quels sont les effets de la pollution atmosphérique sur la santé ?

Les connaissances actuelles, issues des études épidémiologiques, biologiques et toxicologiques disponibles, permettent d'affirmer que l'exposition à la pollution atmosphérique a des effets importants sur la santé. Bien que le risque associé à cette pollution soit faible au niveau individuel, le fait que l'ensemble de la population soit exposé en continu constitue une **préoccupation majeure de santé publique** [1-3].

Il convient de distinguer deux types d'impact de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé :

- les **impacts à court terme** qui surviennent dans des délais brefs (quelques jours) et qui sont à l'origine de troubles tels que : irritations oculaires ou des voies respiratoires, crises d'asthme, **exacerbation de troubles cardio-vasculaires et respiratoires** pouvant conduire à une hospitalisation, et dans les cas les plus graves au décès ;
- les **impacts à long terme** qui surviennent dans des délais de 1 à 10 ans et qui peuvent être définis comme la contribution de l'exposition à la pollution atmosphérique au **développement ou à l'aggravation de maladies chroniques** telles que : cancers, pathologies cardiovasculaires et respiratoires, troubles neurologiques, troubles du développement, etc.

L'ensemble des études montre que l'**impact à long terme** de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé est **beaucoup plus important** que l'impact à court terme au niveau de son poids pour la santé publique.

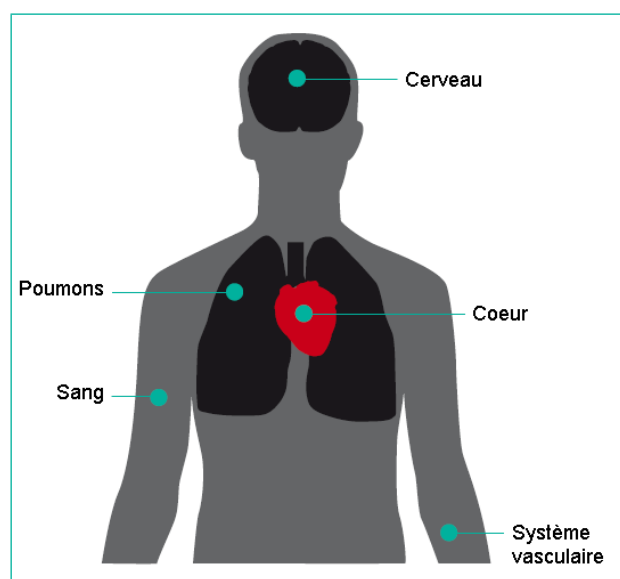
La pollution de l'air se traduit ainsi par une dégradation de l'état de santé et du bien être, et par une diminution significative de l'espérance de vie.

Les études n'ont pas mis en évidence, à l'échelle de la population, de seuil protecteur en deçà duquel aucun impact sanitaire ne pourrait être observé. Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont ainsi observés dès les niveaux de concentration les plus faibles et en l'absence de pics de pollution.

Enfin, certaines catégories de la population sont plus vulnérables que d'autres aux effets d'une exposition à la pollution atmosphérique : les enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant de pathologies chroniques respiratoires (asthme, allergie respiratoire, bronchite chronique) et cardio-vasculaires (insuffisances coronariennes et cardiaques).

FIGURE 2 I

Principaux organes cibles de la pollution atmosphérique



POURQUOI ÉVALUER L'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ?

L'Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine (EIS-PA) a pour objectif de quantifier les bénéfices sanitaires (mortalité et séjours hospitaliers) et économiques qui pourraient être obtenus localement si les niveaux de pollution étaient réduits.

C'est un **outil d'aide à la décision** pour l'élaboration des politiques de gestion du risque sanitaire lié à la pollution atmosphérique par les **décideurs locaux**.

C'est aussi un **outil de sensibilisation et d'information** sur les effets de la pollution atmosphérique pour le **grand public**.

MÉTHODE

Principes d'une EIS-PA

La méthode des EIS-PA repose sur l'application des **relations concentration-réponse**, issues d'études épidémiologiques menées à grande échelle, à des données d'exposition à la pollution de l'air et des données sanitaires locales.

L'EIS-PA a été réalisée selon la méthode décrite dans le guide méthodologique mis à jour par l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 2013 [4]. Cette méthode se décline en 4 étapes (figure 3).

Les polluants sélectionnés pour la réalisation d'une EIS-PA sont ceux pour lesquels le lien de causalité est bien établi et pour lesquels il existe une relation concentration-réponse qui fait suffisamment consensus au niveau de la communauté scientifique.

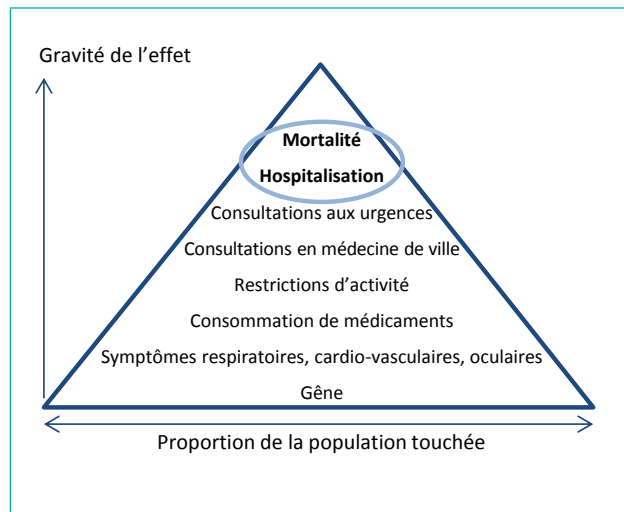
Ainsi ont été sélectionnés :

- pour les **effets court terme** : l'impact des PM_{10} et de l'ozone sur les hospitalisations pour causes cardiovasculaires et respiratoires ;
- pour les **effets long terme** : l'impact des $PM_{2,5}$ sur la mortalité totale et cardiovasculaire.

Les indicateurs sanitaires sélectionnés et disponibles en routine correspondent aux **effets les plus graves de la pollution**. Ils se composent des hospitalisations et de la mortalité. De ce fait, les résultats sous-estiment l'impact total de la pollution atmosphérique (figure 4).

FIGURE 4 I

Pyramide des effets sanitaires de la pollution atmosphérique

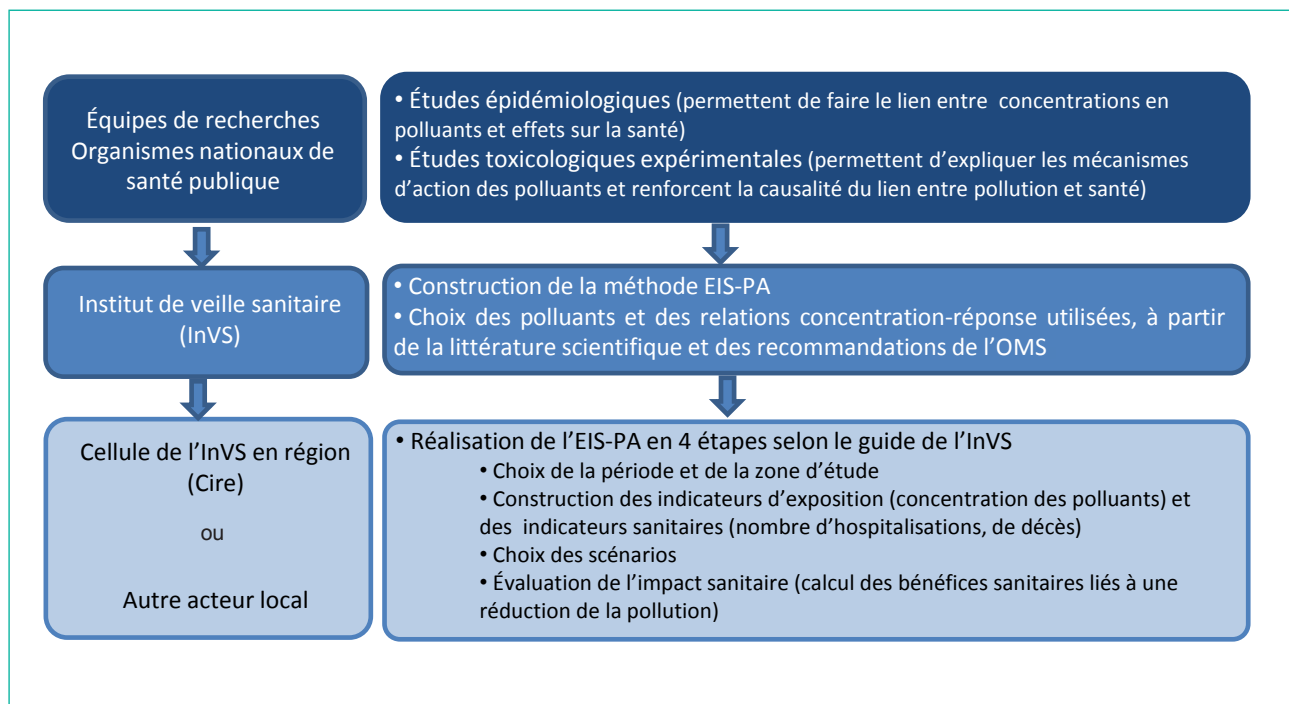


Des scénarios de diminution de la pollution sont proposés (exemple : atteinte d'une valeur particulière). Le principe de l'EIS-PA est ensuite de calculer les bénéfices sanitaires qui seraient obtenus si ces scénarios étaient réalisés.

Ces bénéfices sanitaires peuvent être ensuite traduits en **bénéfices économiques potentiels**. Ce calcul prend en compte les dépenses de santé, le coût de l'absentéisme, les coûts associés à la perte du bien-être, à la qualité et l'espérance de vie.

FIGURE 3 I

Principe des évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique



Période d'étude

La période d'étude retenue porte sur 3 années, de **2009 à 2011**. Elle a été choisie en fonction des dernières données de santé disponibles et consolidées (hospitalisations, mortalité).

Zone d'étude

La zone d'étude (figure 1 et tableau 1) est composée de l'intégralité des communes de la zone sensible du PPA (plan de protection de l'atmosphère) de l'agglomération stéphanoise qui a été approuvé le 4 février 2014 et de la commune de Sorbiers qui a été ajoutée sur un critère de continuité urbaine.

Les zones sensibles sont définies par le SRCAE (schéma régional climat air énergie) selon une méthodologie nationale. Elles représentent les territoires critiques en matière de concentrations de polluants atmosphériques sur lesquels des actions prioritaires doivent être engagées.

I TABLEAU 1 I

Caractéristiques de la zone d'étude de Saint-Étienne

Nombre de communes	33
Population qui vit et travaille dans la zone (%)	97
Superficie (km ²)	452
Nombre d'habitants	400 200
Densité (habitants/km ²)	777
Population de moins de 15 ans (%)	17
Population de plus de 65 ans (%)	19

Données de santé

Le nombre annuel d'**hospitalisations (causes respiratoires et cardiaques)** ainsi que le nombre annuel de **décès (toutes causes et pour des causes respiratoires et cardio-vasculaires)** ont été recueillis pour les années 2009 à 2011.

Concernant l'hospitalisation, les données du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) ont été utilisées. La requête s'est portée sur les 6 établissements situés dans la zone d'étude (Centre hospitalier universitaire (CHU) Saint-Étienne, Centre hospitalier (CH) du pays de Gier, CH Firminy, clinique mutualiste, hôpital privé de la Loire, clinique du parc) et 3 établissements hors de la zone d'étude (CH Annonay, CH Montbrison, clinique de la Sauvegarde). L'ajout de ces 3 établissements s'explique par leur fréquentation significative par les habitants de la zone d'étude pour les pathologies recherchées.

Les données de mortalité ont été transmises par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc) de l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale).

Données de qualité de l'air

Sources de pollution

Le tableau 2 présente la répartition des principales sources de pollution particulaire dans la zone d'étude estimée par Air Rhône-Alpes.

I TABLEAU 2 I

Principales sources de pollution pour les particules dans la zone d'étude de Saint-Étienne

	PM ₁₀	PM _{2,5}
Résidentiel	39 %	46 %
Transport	37 %	34 %
Industrie	20 %	17 %
Agriculture	3 %	2 %
Tertiaire	1 %	1 %

Sources : Air Rhône-Alpes, 2010

Stations de mesures utilisées

Pour les **PM_{2,5}**, les données de la station urbaine de Saint-Chamond ont été recueillies (moyennes journalières).

Pour les **PM₁₀**, les données des stations urbaines de Saint-Chamond et de Saint-Étienne Sud ont été recueillies (moyennes journalières).

Pour l'**ozone**, les données des stations urbaines de Saint-Chamond et de Saint-Étienne Sud et périurbaine de Saint-Étienne Nord ont été recueillies (maxima journaliers de la moyenne glissantes sur 8 heures).

Traitement des données et indicateurs de pollution

Pour chaque polluant, au minimum 96 % des données étaient présentes. Un calcul de correction des valeurs manquantes a été appliqué.

Les indicateurs pour les particules (PM_{2,5} et PM₁₀) sont constitués des moyennes annuelles des valeurs journalières.

Pour l'ozone, les calculs sont effectués directement avec les valeurs journalières.

Choix des scénarios (tableau 3)

Le **scénario 1** quantifie le nombre de décès et d'hospitalisations évités si les **objectifs** de qualité de l'air définis par l'OMS étaient respectés [6]. Il est étudié pour les trois polluants sélectionnés.

Compte-tenu du poids en terme de santé publique des effets long terme des $PM_{2,5}$, un **scénario 2** est étudié pour ce polluant. Il vise à estimer les bénéfices sanitaires d'une baisse de $5 \mu g/m^3$ de la valeur annuelle moyenne.

I TABLEAU 3 I

Scénarios de diminution des expositions à la pollution atmosphérique

	Indicateur	Scénario	Expression des résultats
Court terme	PM_{10}	Scénario 1 : Diminution de la moyenne annuelle à la valeur guide de l'OMS soit $20 \mu g/m^3$	Décès évités/an Hospitalisations respiratoires et cardiaques évitées/an
	Ozone	Scénario 1 : Écrêtage de tous les maxima journaliers sur 8h dépassant $100 \mu g/m^3$	Décès évités/an Hospitalisations respiratoires évitées/an (chez les plus de 15 ans)
Long terme	$PM_{2,5}$	Scénario 1 : Diminution de la moyenne annuelle à la valeur guide de l'OMS soit $10 \mu g/m^3$	Décès évités/an Hospitalisations cardiaques évitées/an
		Scénario 2 : Diminution de $5 \mu g/m^3$ de la moyenne annuelle	Gain d'espérance de vie à 30 ans

RÉSULTATS

Indicateurs sanitaires

I TABLEAU 4 I

Indicateurs de mortalité et morbidité (moyenne annuelle), zone d'étude de Saint-Étienne, 2009-2011

Événements sanitaires	Moyenne annuelle
Mortalité totale (≥ 30 ans)	3 762
Mortalité cardiovasculaire (≥ 30 ans)	1 007
Mortalité non accidentelle (tous âges)	3 556
Hospitalisations cardiaques (tous âges)	4 998
Hospitalisations respiratoires (tous âges)	5 333
Hospitalisations respiratoires (≥ 15 ans)	3 708

Indicateur de pollution : particules fines

Les **concentrations moyennes annuelles** estimées sont supérieures aux valeurs guides de l'OMS à la fois pour les PM_{10} et les $PM_{2,5}$ (tableau 5).

I TABLEAU 5 I

Exposition moyenne annuelle aux particules, zone d'étude de Saint-Étienne, 2009-2011

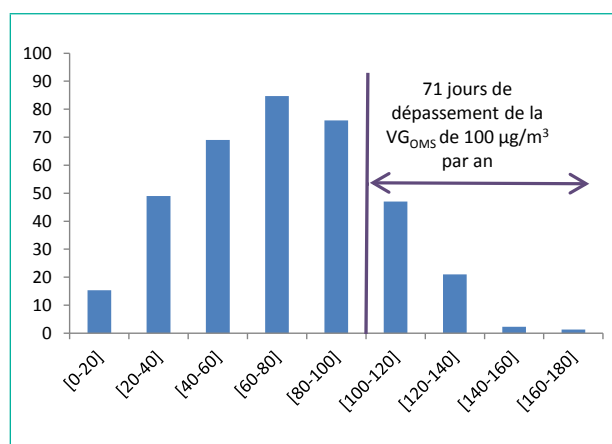
Polluant	Moyenne annuelle ($\mu g/m^3$)	Valeur guide de l'OMS ($\mu g/m^3$)
$PM_{2,5}$	19,4	10
PM_{10}	25,6	20

Indicateur de pollution : ozone

La valeur de $100 \mu g/m^3$ en maxima journalier des moyennes glissantes sur 8 heures (valeur guide OMS) est dépassée 213 jours au total pour les 3 années d'étude, soit 1 jour sur 5 en moyenne (figure 5).

I FIGURE 5 I

Distribution moyenne annuelle des maxima journaliers d'ozone, zone d'étude de Saint-Étienne, 2009-2011



BÉNÉFICES SANITAIRES

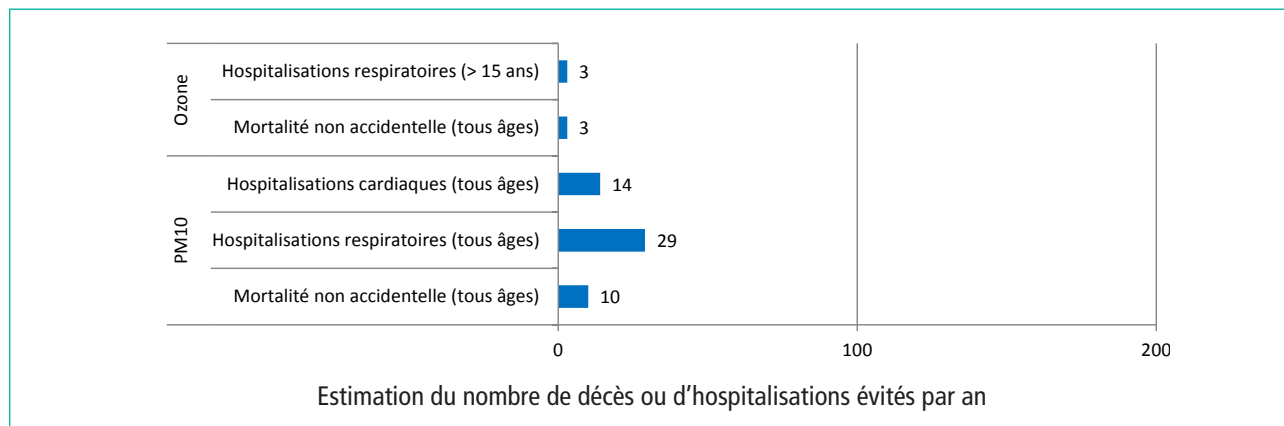
Court terme

La diminution des PM_{10} jusqu'à la valeur cible de l'OMS permettrait d'éviter 10 décès par an et 43 hospitalisations respiratoires ou cardiaques. L'ensemble permettrait un bénéfice estimé à 1,1 millions d'euros par an.

Pour l'**ozone**, les bénéfices attendus pour le respect de la valeur cible OMS seraient de 3 hospitalisations respiratoires pour les plus de 15 ans et de 3 décès évités par an. Le tout correspondrait à un gain économique d'environ 320 000 euros par an.

I FIGURE 6 I

Estimation du bénéfice sanitaire obtenu si les niveaux d'ozone et de PM_{10} étaient ramenés aux valeurs guides préconisées par l'OMS, zone d'étude de Saint-Étienne, 2009-2011



Long terme

Scénario 1 : respect des valeurs guide OMS

L'estimation du bénéfice sanitaire obtenu pour les $PM_{2,5}$ serait de **200 décès évités** par an pour les personnes âgées de plus de 30 ans (soit 5 % des décès annuels toutes causes des plus de 30 ans) dont la moitié pour cause cardiovasculaire.

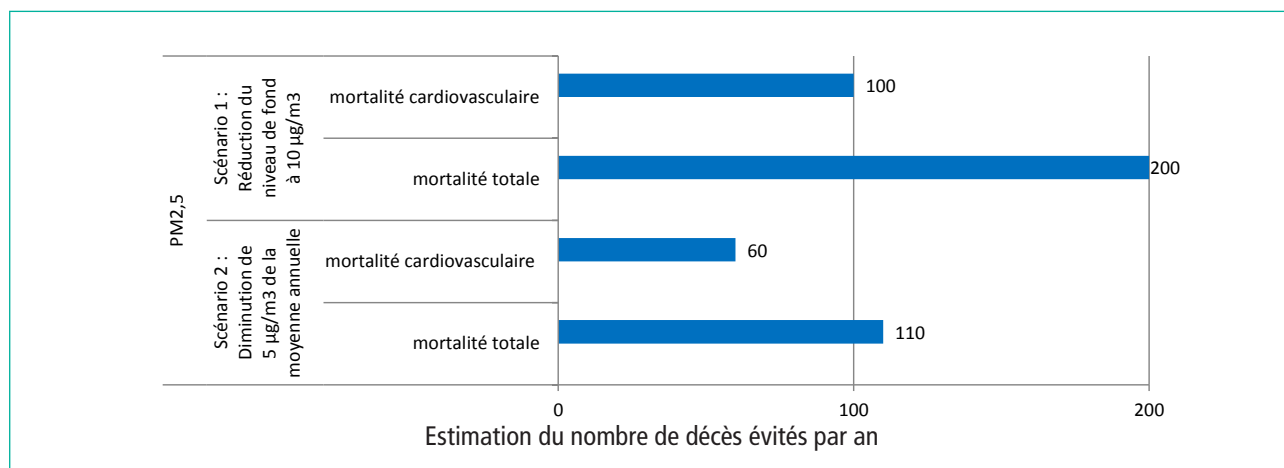
Ceci correspond à une espérance de vie gagnée de **8 mois** pour cette population de la zone d'étude. Le bénéfice économique de la mortalité évitée est estimé à 330 millions d'euros par an.

Scénario 2 : Diminution de $5\mu g/m^3$ de la valeur annuelle moyenne en $PM_{2,5}$

Cette diminution de la pollution permettrait d'éviter **110 décès** par an (soit 3 % des décès annuels toutes causes des plus de 30 ans). L'espérance de vie gagnée alors à 30 ans serait de **4 mois**. Le gain économique de la mortalité évitée avec ce scénario serait de 180 millions d'euros par an.

I FIGURE 7 I

Estimation du bénéfice sanitaire obtenu si le niveau moyen annuel de $PM_{2,5}$ était abaissé selon deux scénarios, zone d'étude de Saint-Étienne, 2009-2011



DISCUSSION

La zone d'étude a été définie pour être la plus cohérente possible avec le PPA de Saint-Étienne tout en respectant les critères du guide élaboré par l'InVS. Ainsi, la population de la zone d'étude se déplace très majoritairement dans la zone d'étude. Il a été vérifié également avec Air Rhône-Alpes le caractère globalement homogène de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude. Pour la construction des indicateurs de pollution, toutes les données des stations de fond disponibles ont été exploitées. Pour les particules fines $PM_{2,5}$, seule la station de Saint-Chamond a été utilisée car la mesure des $PM_{2,5}$ par la station de Saint-Étienne Sud n'a commencé qu'en 2012.

Une période d'étude de 3 ans a été retenue, elle est suffisamment longue pour être représentative de la situation habituelle sur la zone d'étude tout en vérifiant l'absence d'événements climatiques ou sanitaires particuliers sur cette période. Sur la question de l'influence éventuelle de la pandémie grippale A(H1N1) de 2009, la comparaison des données sanitaires sur les trois années d'étude montre qu'il n'y a pas de différence significative notamment pour les hospitalisations pour cause respiratoire.

La période d'étude couvrant les années 2009 à 2011, ces résultats n'intègrent pas les modifications de l'environnement intervenues à la date de publication de ce document. À titre d'illustration, ils ne peuvent pas rendre compte de l'influence potentiellement notable du report de trafic induit par l'ouverture de l'A89 en décembre 2012.

Cette évaluation qui étudie uniquement les événements de santé les plus graves (décès et hospitalisations) **ne reflète qu'une partie de l'impact de la pollution**. Les autres événements sanitaires plus bénins (maladies respiratoires aiguës, toux, allergies, crises d'asthme, irritations, etc.) mais touchant une proportion beaucoup plus importante de la population (figure 4) ne sont pas pris en compte.

L'évaluation réalisée ne permet pas non plus d'appréhender les inégalités au sein de la population d'étude. Le projet Aphekom a permis de montrer qu'habiter à proximité du trafic routier est un facteur majorant dans le développement de l'asthme chez les enfants et des pathologies chroniques chez les plus de 65 ans [1-3].

Les oxydes d'azote n'ont pas été retenus parmi les polluants étudiés alors que ce sont des polluants très suivis au niveau réglementaire [6]. Ils sont un bon marqueur du trafic routier. Cependant, le niveau de confiance dans les relations concentration-réponse issues des études publiées a été jugé trop faible et les effets observés trop corrélés avec ceux des PM_{10} . Cette position est néanmoins susceptible d'évoluer avec les dernières connaissances scientifiques qui confirment les effets sanitaires propres non négligeables du dioxyde d'azote notamment sur le long terme [5].

La valorisation économique du bénéfice sanitaire qui porte sur les décès évités prend en compte la valeur statistique d'une vie. Cette notion est propre à une société donnée. En effet, le calcul prend en compte le ressenti et la capacité à payer de la société pour valoriser financièrement une vie. Les méthodologies utilisées peuvent être différentes selon les publications scientifiques. Cependant, ce type d'estimation reconnue par la communauté scientifique est couramment utilisé quelle que soit la cause du décès anticipé, par exemple : les accidents de la route.

L'évolution régulière de la méthodologie des EIS-PA basée elle-même sur l'évolution des connaissances scientifiques ne permet pas la comparaison de cette étude avec les études antérieures menées dans la région Rhône-Alpes. D'autre part, la taille et la composition de la population de la zone d'étude ne permettent pas non plus de comparer directement les bénéfices sanitaires estimés dans d'autres EIS-PA menées selon la même méthodologie.

Les **résultats de l'EIS** doivent être considérés comme des **ordres de grandeur** et non comme des chiffres exacts. En effet, la méthode utilisée présente des limites, notamment dues à la construction des indicateurs de santé et de qualité de l'air ainsi qu'à la transposition des relations concentration-réponse construites dans un contexte urbain pas forcément identique au contexte de la zone d'étude.

CONCLUSION

Des bénéfices sanitaires potentiels notables

Les niveaux de pollution de fond sur la zone d'étude de l'agglomération stéphanoise sont supérieurs aux valeurs guides de l'OMS pour les années 2009 à 2011.

Les bénéfices d'une diminution des niveaux des particules les plus fines ($PM_{2,5}$) à la valeur guide de l'OMS sur cette zone d'étude permettraient d'éviter près de **200 décès chaque année**, correspondant à un gain économique attendu d'environ 330 millions d'euros par an.

Cependant, les résultats de cette étude sous-estiment ces bénéfices en ne prenant en compte ni 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.

Cette étude illustre aussi le fait que le **gain sanitaire associé à une diminution de l'exposition chronique est plus important que le gain sanitaire associé à une diminution de l'exposition à court terme**. Ainsi, il importe plus d'agir au quotidien sur la pollution de fond, notamment particulière, qu'uniquement lors des épisodes de pics de pollution.

Ces résultats confirment l'intérêt de la mise en œuvre d'actions pour réduire l'exposition de la population à la pollution atmosphérique.

Au niveau local, le PPA de l'agglomération de Saint-Étienne a été approuvé le 4 février 2014. Il vise à diminuer, d'ici 2015, les concentrations en polluants atmosphériques : baisse de 40 % des émissions des oxydes d'azote, baisse des émissions de 30 % des PM_{10} .

Les actions prévues portent sur les différentes sources de pollution (industrie, résidentielle et transport). Ces efforts devraient permettre de réduire globalement le niveau de pollution et en conséquence de diminuer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Aphekom. Summary report of the Aphekom project 2008-2011. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2011. 12 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=e711dffa-8b6f-4712-a794-b73fc351572&groupId=10347
- [2] Declercq D, Pascal M, Chanel O, Corso M, Ung A, Pascal L, *et al.* Impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. Résultats du projet Aphekom. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 36 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/content/download/45027/200318/version/1/file/rapport_aphekom.pdf
- [3] Medina S, Pascal M. Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011. Des clefs pour mieux comprendre les impacts de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Europe. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 6 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/content/download/45028/200326/version/1/file/plaquette_aphekom.pdf
- [4] Ung A, Pascal M, Corso M, Chanel O, Declercq D, Blanchard M, *et al.* Comment réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine ? Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2013. 47 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/content/download/57569/234625/version/3/file/guide_evaluation_impact_sanitaire_pollution_atmospherique_urbaine.pdf
- [5] WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project. First results. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013. 33 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/182432/e96762-final.pdf
- [6] OMS. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air: particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre. Synthèse de l'évaluation des risques. Mise à jour mondiale 2005. Genève: OMS; 2006. 25 p. Disponible à partir de l'URL : http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf?ua=1

Remerciements

Le Cire Rhône-Alpes tient à remercier :

- l'Agence régionale de santé (ARS) Rhône-Alpes, Air Rhône-Alpes ;
- la ville de Saint-Étienne et la communauté d'agglomération de Saint-Étienne Métropole ;
- la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) Rhône-Alpes ;
- Magali Corso, Mathilde Pascal et Myriam Blanchard de l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Mots clés : évaluation d'impact sanitaire, pollution atmosphérique, particules, ozone, Saint-Étienne

Citation suggérée :

Yvon J-M, Huchet-Kervella C. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Saint-Étienne, 2009-2011. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2014. 8 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>