

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) urbaine sur l'agglomération rennaise, 2007-2009

Yvonnick Guillois¹, Air Breizh²

1/ Cire Bretagne – 2/ Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Bretagne

CONTEXTE

Les liens entre l'exposition à la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé en termes de morbidité et mortalité sont désormais bien établis et documentés dans de nombreuses études épidémiologiques françaises ou internationales [1,2]. Les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé peuvent se répartir schématiquement entre les effets d'une exposition à court terme (« manifestations » cliniques, fonctionnelles ou biologiques aiguës, survenant dans des délais brefs – quelques jours, semaines – après l'exposition) et les effets d'une exposition à long terme (développement de processus pathogènes au long cours).

En France, la gestion de la qualité de l'air est régie par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 (Laure) qui reconnaît l'existence d'un impact sanitaire de la pollution atmosphérique et le droit à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Cette loi rend obligatoire la surveillance de la qualité de l'air, la définition d'objectifs de qualité et l'information du public. Au niveau régional, elle prévoit la mise en place de Plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) qui fixent des orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique. Ils doivent s'appuyer, entre autres, sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé obtenue par la réalisation d'Évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, dans le but d'estimer les gains sanitaires attendus en fonction de différents scénarios d'amélioration de la qualité de l'air. Par la suite, la loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé précise le fondement réglementaire du Plan national santé environnement (PNSE) qui comporte des dispositions destinées à protéger la santé publique en améliorant la qualité de l'air.

En Europe, dans le cadre du projet Aphekom, des EIS-PA ont été menées dans 25 villes. Elles ont permis d'estimer que, chaque année, le dépassement des valeurs guides de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur les niveaux de particules fines $PM_{2,5}$ ¹ serait à l'origine de 19 000 décès anticipés [3].

La précédente EIS-PA réalisée sur l'agglomération rennaise était ancienne : publiée en 1999, elle évaluait l'impact de la pollution atmosphérique sur une période d'étude comprise entre le 1^{er} octobre 1997 et le 30 septembre 1998. Cette plaquette présente

des résultats actualisés pour la période 2007-2009 suite à l'évolution de la méthode des EIS-PA et à la mise en place de nouvelles méthodes de mesures de qualité de l'air, permettant de prendre en compte, depuis 2007, la fraction volatile des PM. S'inscrivant dans le cadre de la rédaction d'un plan de protection de l'atmosphère, cette nouvelle EIS-PA permet d'estimer le gain sanitaire qu'aurait une amélioration de la qualité de l'air pour la population de la zone d'étude. Ce gain est exprimé en termes de décès et d'admissions hospitalières évitables, toutes choses égales par ailleurs.

MÉTHODE

Démarche d'évaluation

L'EIS-PA a été réalisée selon une méthode décrite dans le guide méthodologique mis à jour par l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 2013 [4]. La méthode repose sur la connaissance :

- des effets de la pollution de l'air sur la santé ;
- du lien qui relie l'exposition aux polluants de l'air à des événements de santé : il s'agit de la relation concentration-réponse (C-R) ;
- de la zone étudiée, et plus particulièrement de l'exposition de la population de cette zone aux polluants de l'air.

La mise en œuvre d'une EIS-PA est donc restreinte aux polluants pour lesquels la causalité a été pour l'instant établie et qui sont mesurés en routine par l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa), à savoir l'ozone, PM_{10} et $PM_{2,5}$. L'approche quantitative utilise les relations C-R issues des études épidémiologiques disponibles en les appliquant aux données sanitaires et environnementales collectées en routine.

Le troisième point relève de la connaissance spécifique de la zone d'étude et doit faire l'objet du recueil de données populationnelles, sanitaires et environnementales.

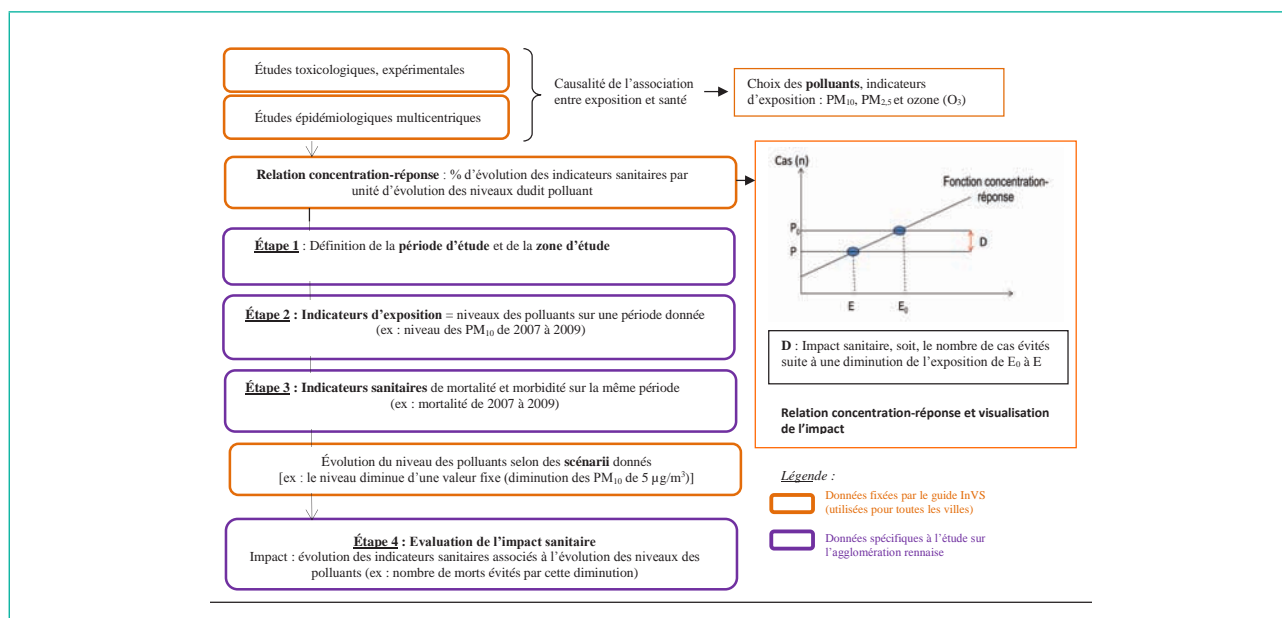
Ce n'est qu'une fois l'ensemble de ces données connues, que l'évaluation de l'impact sanitaire peut être fait. Elle donne une estimation objective des bénéfices qui pourraient résulter de l'amélioration de la qualité de l'air sur la santé de la population.

La méthode est décrite schématiquement dans la figure 1.



1. Les particules fines sont appelées PM pour Particulate Matter. On en distingue deux types : les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} , en fonction de leur diamètre inférieur respectivement à 2,5 ou 10 μm .

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



Scénarios étudiés

L'impact sanitaire est quantifié à court terme et à long terme, au travers de scénarios fixés par le guide méthodologique de l'InVS en diminuant les concentrations moyennes annuelles jusqu'à une valeur spécifique (par exemple la valeur guide de l'OMS)

ou d'une valeur fixée (par exemple $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [2]. Les scénarios de diminution des expositions à la pollution atmosphérique sont détaillés dans le tableau 1.

I TABLEAU 1 I

Scénarios de diminution des expositions à la pollution atmosphérique

	Indicateurs	Scénarios	Expression des résultats - Impact
COURT TERME	PM ₁₀	<ol style="list-style-type: none"> Diminution de la moyenne annuelle à la VG_{OMS} soit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Diminution de la moyenne annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 	Nombre de morts évités/an Nombre d'hospitalisations respiratoires et cardiaques évitées/an
	Ozone	<ol style="list-style-type: none"> Diminution de tous les maxima journaliers sur 8h dépassant $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la VG_{OMS} soit $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Diminution de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle 	Nombre de morts évités/an Nombre d'hospitalisations pour causes respiratoires évitées/an (chez les 15-64 ans et chez les 65 ans et plus)
LONG TERME	PM _{2,5}	<ol style="list-style-type: none"> Diminution de la moyenne à la VG_{OMS} soit $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Diminution de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle 	Nombre de morts évités/an chez les 30 ans et plus Nombre de morts pour cause cardiovasculaire évités/an chez les 30 ans et plus Gain d'espérance de vie à 30 ans

VG_{OMS} : Valeur guide de l'Organisation mondiale de la santé

Période d'étude

La période retenue est 2007-2009. Ce choix repose sur les critères suivants :

- période d'étude suffisamment longue pour être représentative de la situation habituelle sur la zone d'étude ;
- absence d'événements climatiques ou sanitaires particuliers sur cette période ;
- disponibilité des données sanitaires et environnementales sur cette période.

Zone d'étude

La zone d'étude comprend les quatre communes de Rennes, Cesson-Sévigné, Chantepie et Saint-Grégoire (figure 2). Elle s'étend sur une superficie de 111,81 km² et comptait, en 2007, 239 412 habitants (source : Institut national de la statistique et des études économiques – Insee 2007) dont 16 995 (7,1 %) âgés de 75 ans ou plus. La densité de population moyenne était en 2007 de 2141,2 habitants/km².

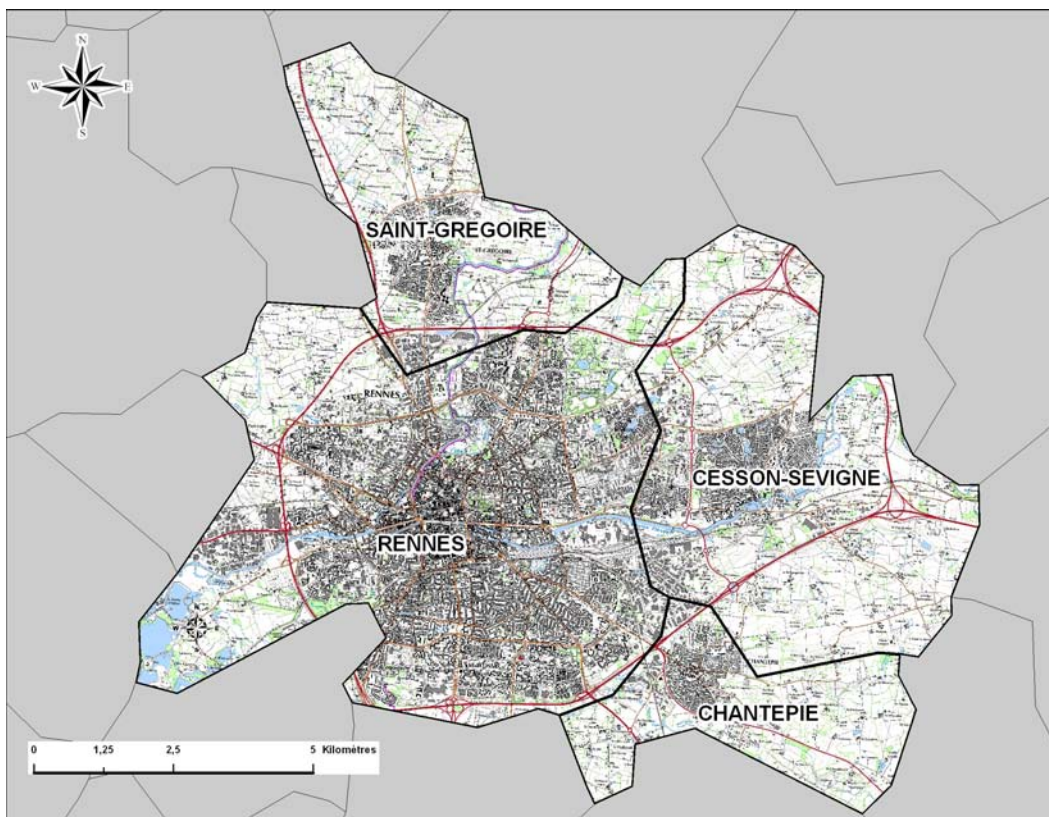
Cette zone d'étude répond aux critères du guide InVS :

- la continuité urbaine (continuité du bâti) est respectée ;
- elle compte plus de 200 000 habitants, la majorité d'entre eux vit et travaille sur la zone d'étude, et se fait soigner dans les hôpitaux de la zone ;
- les stations de mesures de la qualité de l'air sont représentatives de l'ensemble de la zone d'étude d'après l'expertise de l'Aasqa en Bretagne (Air Breizh) ;
- les niveaux de pollution sont homogènes sur toute la zone.

Les communes limitrophes de Rennes qui ne font pas partie de la zone d'étude ont été exclues car il n'y avait pas de continuité urbaine. Dans le cas particulier de Saint-Jacques-de-la-Lande, l'exclusion est liée à la présence sur le territoire communal de l'aéroport de l'agglomération rennaise.

I FIGURE 2 I

Carte de la zone d'étude



RÉSULTATS

Indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique urbaine

Le tableau 2 quantifie les principales sources de pollution atmosphérique à l'échelle de la zone d'étude.

I TABLEAU 2 I

Principales sources de pollution de l'air dans la zone d'étude (en tonnes/an)

Source : Air Breizh, inventaire spatialisé des émissions, 2008

Polluant	Transports	Résidentiel et activités tertiaires	Industrie	Agriculture	Total
PM ₁₀	228,2 (69,6 %)	87,4 (26,7 %)	6,8 (2,1 %)	5,3 (1,6 %)	327,7 (100 %)
PM _{2,5}	157,9 (62,9 %)	86,1 (34,3 %)	5,4 (2,1 %)	1,8 (0,7 %)	251,2 (100 %)
Oxydes d'azote	2 341,4 (70,2 %)	634,5 (19,0 %)	356,1 (10,7 %)	3,3 (0,1 %)	3 335,3 (100 %)

Les indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique ont été construits grâce aux données horaires fournies par Air Breizh.

Aucune station urbaine ne mesurait les PM_{2,5} sur la période 2007-2009. La mesure des PM₁₀ sur cette même période était disponible pour une seule station urbaine (station Triangle) tandis que l'ozone était mesuré par deux stations urbaines (Courtel et École des hautes études en santé publique – EHESP) et une station périurbaine implantée à Chartres de Bretagne.

Ozone : indicateur d'exposition à court terme

Les données des stations Courtel, EHESP et Chartres de Bretagne ont permis de construire les indicateurs journaliers d'exposition à l'ozone. Les indicateurs d'exposition ont ensuite été calculés en moyennant les indicateurs journaliers des différentes stations de mesure sélectionnées. L'exposition à l'ozone est caractérisée par une concentration moyenne annuelle de 64,6 µg/m³ (tableau 3) et 57 jours de dépassement de la VG_{OMS} fixée à 100 µg/m³ en moyenne sur 8 heures soit 5,2 % des jours de la période d'étude (figure 3).

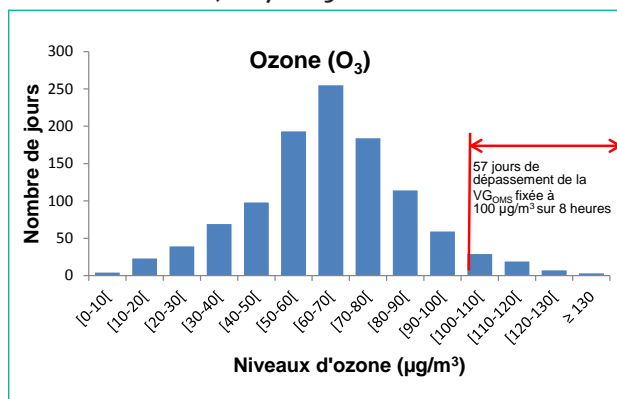
I TABLEAU 3 I

Exposition moyenne à l'ozone, zone d'étude de Rennes, 2007-2009

	Moyennes annuelles			
	2007	2008	2009	2007-2009
Ozone (µg/m ³)	64,0	64,9	64,8	64,6
	Valeurs moyennes			
	Hiver (2007-2009)	Été (2007-2009)		
Ozone (µg/m ³)	53,1	76,2		

I FIGURE 3 I

Distribution des maxima journaliers d'ozone sur la zone d'étude de Rennes, 2007-2009



PM₁₀ : indicateur d'exposition à court terme

Les données de la station Triangle ont permis de construire les indicateurs journaliers d'exposition aux PM₁₀ caractérisés par une concentration moyenne sur la période 2007-2009 de 21,3 µg/m³ (tableau 4). Cette valeur est légèrement supérieure à la VG_{OMS} fixée à 20 µg/m³ en moyenne annuelle. La distribution des niveaux journaliers est présentée dans la figure 4.

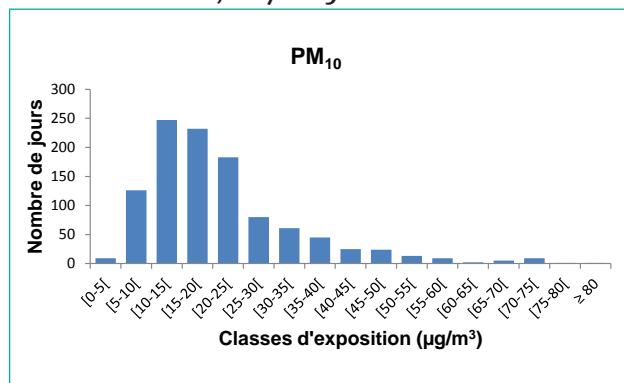
I TABLEAU 4 I

Exposition moyenne (données ajustées²) aux PM₁₀, zone d'étude de Rennes, 2007-2009

	Moyennes annuelles – données ajustées			
	2007	2008	2009	2007-2009
PM ₁₀ (µg/m ³)	21,2	18,7	23,8	21,3

I FIGURE 4 I

Distribution des niveaux journaliers de PM₁₀ sur la zone d'étude de Rennes, 2007-2009



PM_{2,5} : indicateur d'exposition à long terme

Les PM_{2,5} ne sont mesurées à Rennes, en station urbaine de fond, que depuis le 1^{er} janvier 2013. Il a donc été décidé d'appliquer aux mesures de PM₁₀, conformément aux recommandations du guide InVS, un facteur correctif de 0,7 pour évaluer les concentrations en PM_{2,5} sur la période 2007-2009. Ce facteur, qui est issu du projet Apheis [5], permet d'utiliser les relations C-R des PM_{2,5}. Cependant, cette valeur ne prend pas en compte les spécificités locales et ce mode de correction majore l'incertitude dans les résultats de l'EIS. Ce choix a néanmoins été fait afin d'être le plus représentatif possible de l'exposition moyenne de la population à la pollution de fond en particules fines.

L'exposition aux PM_{2,5} a donc été évaluée en moyenne sur la période 2007-2009 à 14,9 µg/m³ (soit 21,3 X 0,7). Cette valeur est supérieure à la VG_{OMS} fixée à 10 µg/m³ en moyenne annuelle.

Indicateurs sanitaires

Les données de mortalité sont transmises par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (CépiDC, Inserm) et les données d'hospitalisation sont extraites de la base nationale du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) de l'agence technique de l'information sur l'hospitalisation.

2. Les concentrations en PM₁₀ ont été ajustées par l'application d'un facteur de correction journalier estimé à partir d'une station TEOM/FDMS localisée à Lorient. Ce facteur de correction permet de prendre en compte la volatilisation des poussières sur le filtre de l'appareil de mesure.

I TABLEAU 5 I

Indicateurs de mortalité et morbidité, zone d'étude de Rennes, pour les années 2007, 2008 et 2009

	Période 2007-2009		
	Tranche d'âge	Nb	Taux ³
Mortalité totale	≥30 ans	4 353	1 818
Mortalité par causes cardiovasculaires	≥30 ans	1 227	513
Mortalité non accidentelle	Tous âges	4 074	1 702
Hospitalisation pour causes cardiaques	Tous âges	4 864	2 032
Hospitalisation pour causes respiratoires	Tous âges	5 741	2 398
Hospitalisation pour causes respiratoires	15-64 ans	2 032	849
Hospitalisation pour causes respiratoires	≥65 ans	1 671	698

Impact sanitaire

Une fois les indicateurs de pollution et les indicateurs sanitaires définis, les scénarios décrits dans la partie « Méthode » ont pu être appliqués aux données de la zone d'étude de Rennes. Ainsi, l'impact sanitaire à court et à long termes d'une diminution des niveaux de pollution a pu être calculé. Il s'exprime en décès et hospitalisations évités sur un an.

À court terme

L'estimation de l'impact sanitaire à court terme est faible pour les deux scénarios, et les deux polluants étudiés (figures 5 et 6).

Plus précisément, pour le scénario de réduction des niveaux de fond aux VG_{OMS}, le gain sanitaire est quasi nul pour l'ozone : en effet, sur la période 2007-2009, les indicateurs journaliers d'exposition dépassant la valeur guide OMS sont peu nombreux et les dépassements sont de faible ampleur. Pour les PM₁₀, le gain sanitaire associé au respect de la VG_{OMS} est également faible : le nombre de décès évitable représente 0,1 % de la mortalité non accidentelle (tous âges).

Des diminutions des niveaux de fond de 5 µg/m³, apportent des gains sanitaires plus importants. En effet la diminution des niveaux de PM₁₀ permettrait d'éviter, annuellement, environ 4 décès (mortalité non accidentelle tous âges) et 16 hospitalisations cardiaques ou respiratoires, soit 0,3 % de la

3. Taux : nombre de cas pour 100 000 habitants.

mortalité non accidentelle (tous âges), 0,6 % des hospitalisations respiratoires (tous âges) et 0,3 % des hospitalisations cardiaques (tous âges). Le gain sanitaire associé à une diminution de 5 µg/m³

des niveaux d’ozone serait plus faible que celui associé aux PM₁₀ : 0,1 % de la mortalité non accidentelle (tous âges) et 0,3 % des hospitalisations respiratoires chez les plus de 65 ans.

FIGURE 5

Estimation de l’impact à court terme de la pollution atmosphérique sur la zone d’étude de Rennes, 2007-2009, les PM₁₀ étant retenues comme polluant traceur

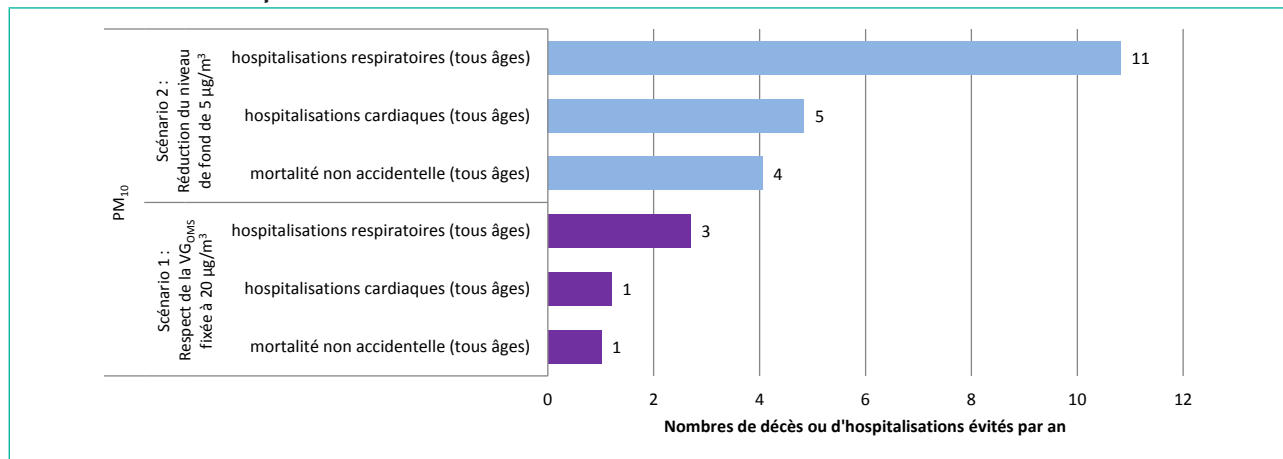
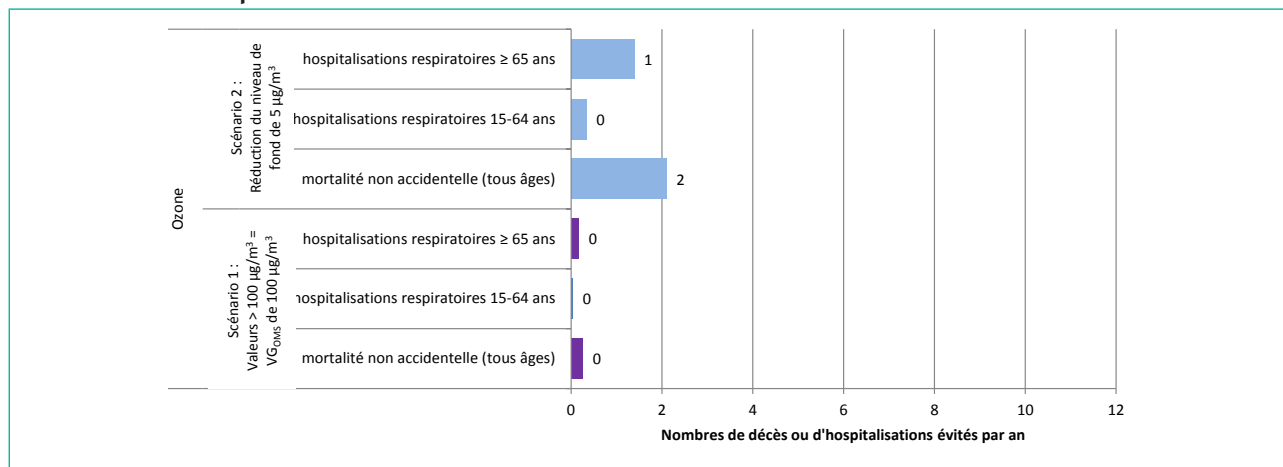


FIGURE 6

Estimation de l’impact à court terme de la pollution atmosphérique sur la zone d’étude de Rennes, 2007-2009, l’ozone étant retenu comme polluant traceur



À long terme

L’estimation de l’impact sanitaire à long terme est très légèrement plus élevé pour le scénario de réduction des niveaux de fond des PM_{2,5} de 5 µg/m³ puisque la différence entre les niveaux de particules mesurés et la valeur guide OMS est à peine inférieure à 5 µg/m³. Ainsi pour le scénario de diminution des niveaux de 5 µg/m³, ce sont 42 décès annuels qui sont évités et 23 décès pour causes cardiovasculaires, soit 2,9 % de la mortalité totale (≥30 ans) et 5,6 % des décès cardiovasculaires (≥30 ans).

En termes de gain d’espérance de vie à 30 ans, ce scénario permet un gain de 4,4 mois par individu.

En résumé

En conclusion, sur la zone d’étude de Rennes, les chiffres à retenir sont résumés dans l’encadré ci-contre.

Nombre d’habitants de la zone d’étude : 239 412

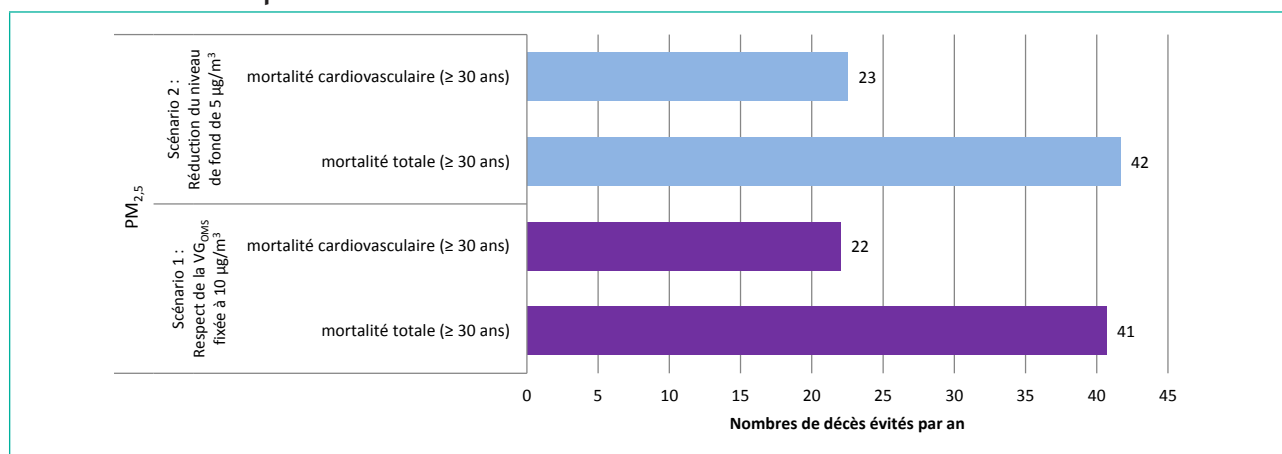
Gain sanitaire à **court terme** d’une diminution des niveaux de pollution de fond de 5 µg/m³ :

- des PM₁₀ : 4 décès évités par an (mortalité non accidentelle tous âges) ;
- de l’ozone : 2 décès évités par an (mortalité non accidentelle tous âges).

Gain sanitaire à **long terme** d’une diminution des niveaux de fond de particules fines PM_{2,5} de 5 µg/m³ :

- environ 42 décès évités par an dont approximativement 54 % pour cause cardiovasculaire ;
- près de 4 mois et demi de gain d’espérance de vie à 30 ans.

Estimation de l'impact à long terme de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Rennes, 2007-2009, les PM_{2,5} étant retenues comme polluant traceur



DISCUSSION

Les niveaux de pollution de fond sur la zone de Rennes, sont supérieurs aux valeurs guides de l'OMS : légèrement pour les PM₁₀ (21,3 µg/m³ pour une VG_{OMS} à 20 µg/m³) et plus nettement pour les PM_{2,5} (14,9 µg/m³ pour une VG_{OMS} fixée à 10 µg/m³).

Cette étude montre que le gain sanitaire à long terme est plus important que le gain sanitaire à court terme. Ainsi, il apparaît plus intéressant d'agir sur la pollution de fond, notamment particulaire, au quotidien, plutôt que lors des épisodes de pics de pollution. Ce résultat est concordant avec ceux des précédentes études et notamment avec les résultats du projet européen Aphekom [3].

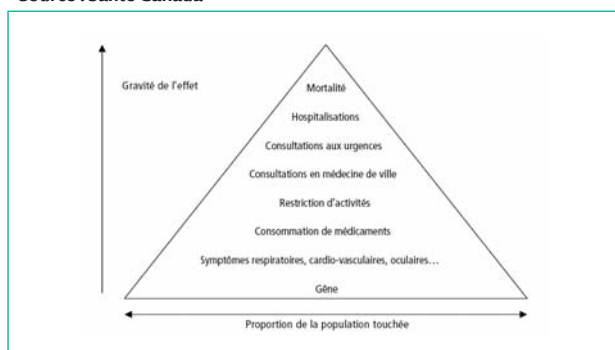
Ils convient de noter que les gains sanitaires à court et long termes se recoupent partiellement et ne peuvent donc être additionnés [6,7].

Même si la zone d'étude de Rennes a des niveaux de pollution de fond qui demeurent relativement proches des valeurs guides, il convient de noter que la diminution des niveaux de particules fines entraîne un gain sanitaire à long terme non négligeable. De plus, il n'existe *a priori* pas de seuil protecteur en deçà duquel aucun impact sanitaire des particules n'est observé. Ainsi, les effets de la pollution atmosphérique sur la santé, sont observés dès les concentrations les plus faibles, et toute diminution de ces niveaux, même faible, s'accompagne d'une diminution du nombre d'événements sanitaires associés.

Cette évaluation n'étudie que les événements de santé les plus graves (décès et hospitalisations), ceux-ci ne représentent qu'une partie de l'ensemble des impacts de la pollution de l'air. D'autres effets tels que l'asthme, les maladies respiratoires aiguës, la toux, les allergies, les irritations ne sont pas pris en compte. Les résultats obtenus ne rendent donc compte que d'une partie du gain sanitaire associé à une réduction des niveaux de pollution atmosphérique (figure 8).

Pyramide des effets associés à la pollution atmosphérique.

Source : Santé Canada



Par ailleurs, la réalisation de cette étude repose sur une hypothèse forte, celle selon laquelle l'ensemble de la population d'étude est touchée de la même manière par la pollution atmosphérique. Or il est connu que certaines catégories de la population sont plus sensibles à la pollution atmosphérique (personnes âgées, enfants, personnes souffrant de pathologies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, respiratoires, ou le diabète) et que d'autres sont plus exposées à la pollution (proximité du trafic, proximité d'une usine...). Ainsi, il existe des inégalités au sein de la population d'étude qui ne peuvent pas être appréhendées avec la méthode employée ici et avec les données actuellement disponibles en France. Néanmoins, 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 [3].

À défaut de mesure des PM_{2,5} sur la période 2007-2009, l'exposition aux PM_{2,5} a été estimée, ce qui majore l'incertitude des résultats. Cela souligne l'importance de l'acquisition en continu de mesures environnementales, tout particulièrement pour les PM_{2,5}. En effet, les PM_{2,5} permettent d'évaluer le gain sanitaire à long terme associé à une réduction des niveaux de pollution atmosphérique, gain qui est le plus important en terme de santé publique.

Messages à retenir

- Les niveaux de pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Rennes sont supérieurs aux VG_{OMS} pour les PM₁₀ et PM_{2,5}.
- L'impact sanitaire à long terme est plus important que l'impact sanitaire à court terme : diminuer la pollution de fond, notamment particulaire, apportera un gain sanitaire plus important que d'agir lors des pics de pollution.
- Toute diminution des niveaux de fond des particules entraîne un gain sanitaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Programme de surveillance air et santé – Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2008. 41 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/default.htm>

[2] Programme de surveillance air et santé 9 villes. Relations à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique et les admissions à l'hôpital dans huit villes françaises. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2006. 66 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/default.htm>

[3] Summary report of the Aphekom project. Disponible à partir de l'URL : <http://www.aphekom.org>

[4] Ung A, Pascal M, Chanel O, Corso M, Blanchard M, *et al.* Comment réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de

la pollution atmosphérique urbaine ? Guide méthodologique Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 47 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Guides>

[5] Air pollution and health: a European information system (Apehis). Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Europe. Rapport de la troisième phase, 2002-2003, 2006.

[6] Künzli N, Medina S, Kaiser R, Quétel P, Horak F, Studnicka M. Assessment of deaths attributable to air pollution: Should we use risk estimates based on time series or on cohort studies? *Am J Epidemiol* 2001;153:1050-5.

[7] Martuzzi M. Re: "Assessment of deaths attributable to air pollution: Should we use risk estimates based on time series or on cohort studies?". *Am J Epidemiol* 2001;154:974-5.

Remerciements

La Cire Ouest tient à remercier :

- Air Breizh, l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air, qui a fourni la description du réseau de mesure, les mesures de qualité de l'air et a contribué à délimiter la zone d'étude ;
- Aymeric Ung du Département santé environnement (DSE) de l'InVS pour la relecture et la validation scientifique de ce document.

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

Citation suggérée :

Guillois Y, Air Breizh. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) urbaine sur l'agglomération rennaise, 2007-2009. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 8 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>