

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Nantes, 2007-2009

S. Loyer¹, F. Penven²
1/ Ciré Pays de la Loire – 2/ Air Pays de la Loire

1. 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).

Des évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) menées dans 25 villes européennes dans le cadre d'un projet européen (Aphekom) ont permis d'estimer que, chaque année, le dépassement des valeurs guides de l'Organisation mondiale de la santé (VG_{OMS}) sur les niveaux de particules fines PM_{2,5}¹ serait à l'origine de 19 000 décès anticipés dans ces villes [3].

L'EIS-PA dans l'agglomération de Nantes a été intégrée au deuxième Plan régional santé environnement (PRSE 2) des Pays de la Loire, parmi les actions visant à réduire l'exposition aux substances chimiques de l'air.

Cette EIS-PA permet d'objectiver les effets sanitaires en termes de mortalité et d'admissions hospitalières des niveaux de pollution mesurés dans l'agglomération de Nantes et de calculer le gain sanitaire attendu par une baisse de ces niveaux, toutes choses égales par ailleurs. Ainsi, cette étude se présente comme un outil d'aide à l'élaboration des politiques de gestion de la qualité de l'air.

2. MÉTHODE

2.1. Démarche d'évaluation

L'EIS-PA a été réalisée selon une méthode en 4 étapes, décrite dans le guide méthodologique mis à jour par l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 2012 [4]. La méthode repose sur la connaissance :

- des dangers de la pollution de l'air pour la santé (polluants de l'air) ;
- 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 la population et de l'exposition de cette population aux polluants de l'air.

Les deux premiers points relèvent du domaine de la recherche et ont permis à l'InVS de sélectionner les polluants de l'air les plus pertinents pour la réalisation des EIS-PA. Les polluants ainsi retenus sont l'ozone et les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5})¹.

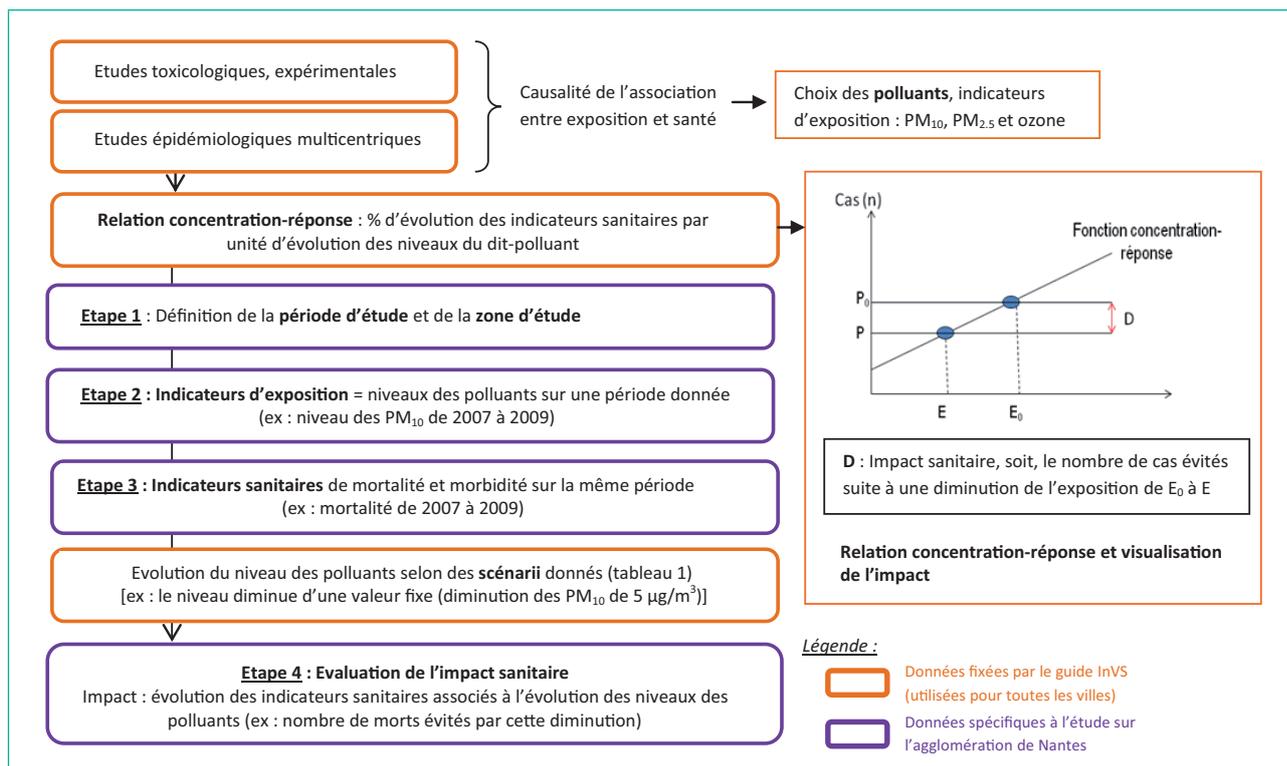
Le troisième point relève de la connaissance spécifique de la zone d'étude et doit faire l'objet du recueil de données populationnelles, sanitaires et environnementales.

Ce n'est qu'une fois l'ensemble de ces données connu, que le calcul d'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine peut être fait. Il donne une estimation objective des bénéfices qui pourraient résulter de l'amélioration de la qualité de l'air sur la santé de la population de la zone étudiée.

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 PM₁₀, en fonction de leur diamètre inférieur à 2,5 ou à 10 µm respectivement

Schéma de principe des évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine



2.2. Scénarii étudiés

En utilisant les relations C-R préconisées dans le guide précité, l'impact sanitaire est quantifié à court terme et à long terme, au travers des scénarii suivants fixés dans ce même guide. Les scénarii de diminution des expositions à la pollution atmosphérique sont détaillés dans le tableau 1.

- PM₁₀ : diminution de la concentration moyenne annuelle à la VG_{OMS} de 20 µg/m³ ;
- O₃ : diminution de tous les maxima journaliers sur 8h dépassant 100 µg/m³ à la VG_{OMS} de 100 µg/m³ ;
- PM_{2,5} : diminution de la concentration moyenne annuelle à la VG_{OMS} de 10 µg/m³.

Scénario 1 : gain sanitaire attendu en diminuant les concentrations jusqu'à une valeur spécifique :

Scénario 2 : gain sanitaire attendu en diminuant les concentrations moyennes annuelles de 5 µg/m³ pour l'O₃, les PM₁₀ et les PM_{2,5}.

I TABLEAU 1 I

Scénarii de diminution des expositions à la pollution atmosphérique

	Indicateurs	Scénarii	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 µg/m³ Diminution de la moyenne annuelle de 5 µg/m³ 	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 µg/m³ à la VG_{OMS} soit 100 µg/m³ Diminution de 5 µg/m³ 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 plus de 65 ans)
LONG TERME	PM _{2,5}	<ol style="list-style-type: none"> Diminution de la moyenne à la VG_{OMS} soit 10 µg/m³ Diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle 	Nombre de morts évités/an Nombre de morts pour cause cardiovasculaire évités/an Gain d'espérance de vie à 30 ans

2.3. Période d'étude

La période d'étude 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'évènements climatiques ou sanitaires particuliers sur cette période ;
- disponibilité des données sanitaires et environnementales sur cette période ;
- période d'étude intégrant les données sanitaires les plus récentes disponibles (année 2009).

2.4. Zone d'étude

La zone d'étude de Nantes représente un total de 27 communes, appartenant à l'unité urbaine de Nantes (définition Insee (Institut national de

la statistique et des études économiques), 2012) et/ou à sa communauté urbaine (Nantes métropole) (carte 1). Cette zone d'étude répond aux principaux 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 sept 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'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air en Pays de la Loire (Air Pays de la Loire) ;
- les niveaux de pollution sont homogènes sur toute la zone.

Les principales caractéristiques de cette zone d'étude sont récapitulées dans le tableau 2.

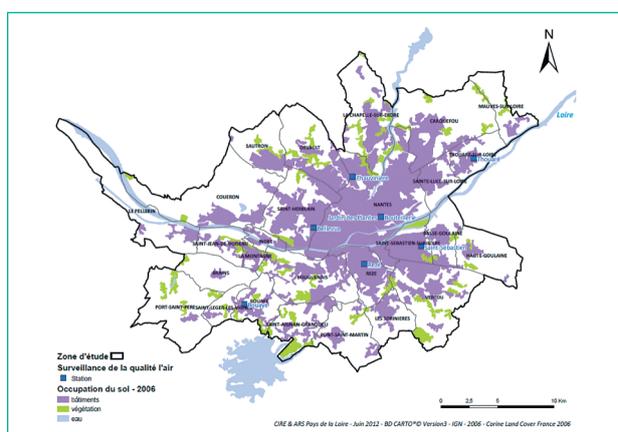
I TABLEAU 2 I

Description de la zone d'étude de Nantes

Communes (nb)	27
Surface (km ²)	598
Population (Insee 2008)	594 452
Densité (hbts/km ²)	993
Proportion des 15-64 ans	68 %
Proportion des + de 65 ans	14 %

I CARTE 1 I

Zone d'étude de Nantes



3. RÉSULTATS

3.1. Indicateurs de pollution

La principale source de pollution sur la zone d'étude de Nantes est le transport routier, celui-ci représentant 69 % des émissions de NOx (oxydes d'azote) et 48 % des émissions de PM₁₀. Les autres sources de pollution sont l'industrie et le résidentiel tertiaire, représentant respectivement 27 % et 14 % des émissions de PM₁₀ (information Basemis, Air Pays de la Loire).

Les indicateurs de pollution ont été construits grâce aux données de surveillance de l'air d'Air Pays de la Loire.

3.1.1. Ozone : indicateur d'impact à court terme

Les données des stations Jardins des plantes/Bouteillerie, Bouaye et Thouaré ont permis de déterminer les valeurs des deux indicateurs ozone :

- concentration moyenne annuelle de **70 µg/m³** ;
- **29 jours** de dépassement de la VG_{OMS} par an.

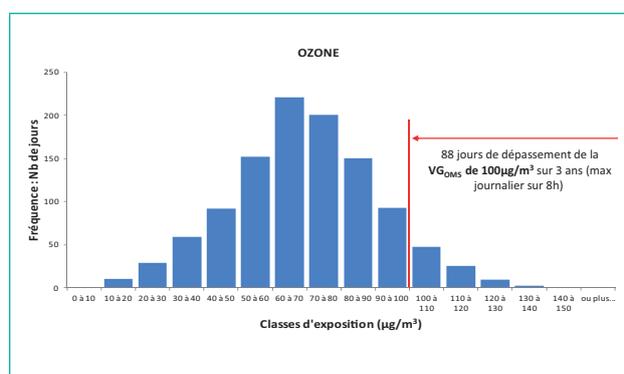
I TABLEAU 3 I

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

Moyennes annuelles				
	2007	2008	2009	2007-2009
Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	67,5	70,1	71,4	69,7
Moyennes annuelles				
	Hiver (2007-2009)		Été (2007-2009)	
Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	57,1		81,9	

I FIGURE 2 I

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



3.1.2. PM_{10} : indicateur d'impact à court terme

Les données des stations Chauvinière et Bouteillerie ont permis de déterminer la valeur de l'indicateur PM_{10} avec une moyenne annuelle de $21,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

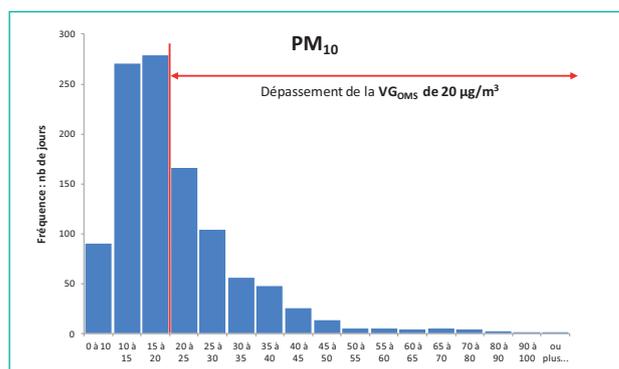
I TABLEAU 4 I

Exposition aux PM_{10} , zone d'étude de Nantes, 2007-2009

Moyennes annuelles				
	2007	2008	2009	2007-2009
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20,9	20,3	22,0	21,1

I FIGURE 3 I

Distribution des niveaux journaliers de PM_{10} , zone d'étude de Nantes, 2007-2009



3.1.3. $\text{PM}_{2,5}$: indicateur d'impact à long terme

Les $\text{PM}_{2,5}$ ne sont mesurées que depuis 2009 sur la zone d'étude de Nantes. Une seule année de données était donc disponible. Il a ainsi été décidé d'utiliser les données de PM_{10} mesurées sur les 3 années en leur affectant un facteur de correction de 0,7 issu du projet Apehis [5] permettant d'obtenir des équivalents $\text{PM}_{2,5}$ et d'utiliser les relations C-R des $\text{PM}_{2,5}$. Cependant, ce facteur étant très global, il ne prend pas en compte les spécificités locales et ce mode de correction majeure 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.

La valeur de l'indicateur $\text{PM}_{2,5}$, niveau moyen annuel estimé des $\text{PM}_{2,5}$ sur la période 2007-2009 est de $14,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit $21,1 \times 0,7$).

3.2. Indicateurs sanitaires

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

Indicateurs de mortalité et morbidité, zone d'étude de Nantes, 2007-2009

Période 2007-2009		
	Nb	Taux*
Mortalité toutes causes (hors accident)	3 721	626
Mortalité cardiovasculaire	1 063	178
Hospitalisations cardiaques (totales)	5 088	856
Hospitalisations respiratoires (totales)	4 272	719
Hospitalisations respiratoires (15-64 ans)	1 655	412
Hospitalisations respiratoires (plus de 65 ans)	1 326	1 555

* Taux : nombre de cas pour 100 000 habitants

3.3 Impact sanitaire

Une fois les indicateurs de pollution et les indicateurs sanitaires définis, les scénarii décrits dans la partie « Méthode » ont pu être appliqués aux données de la zone d'étude de Nantes. 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.

3.3.1. À court terme

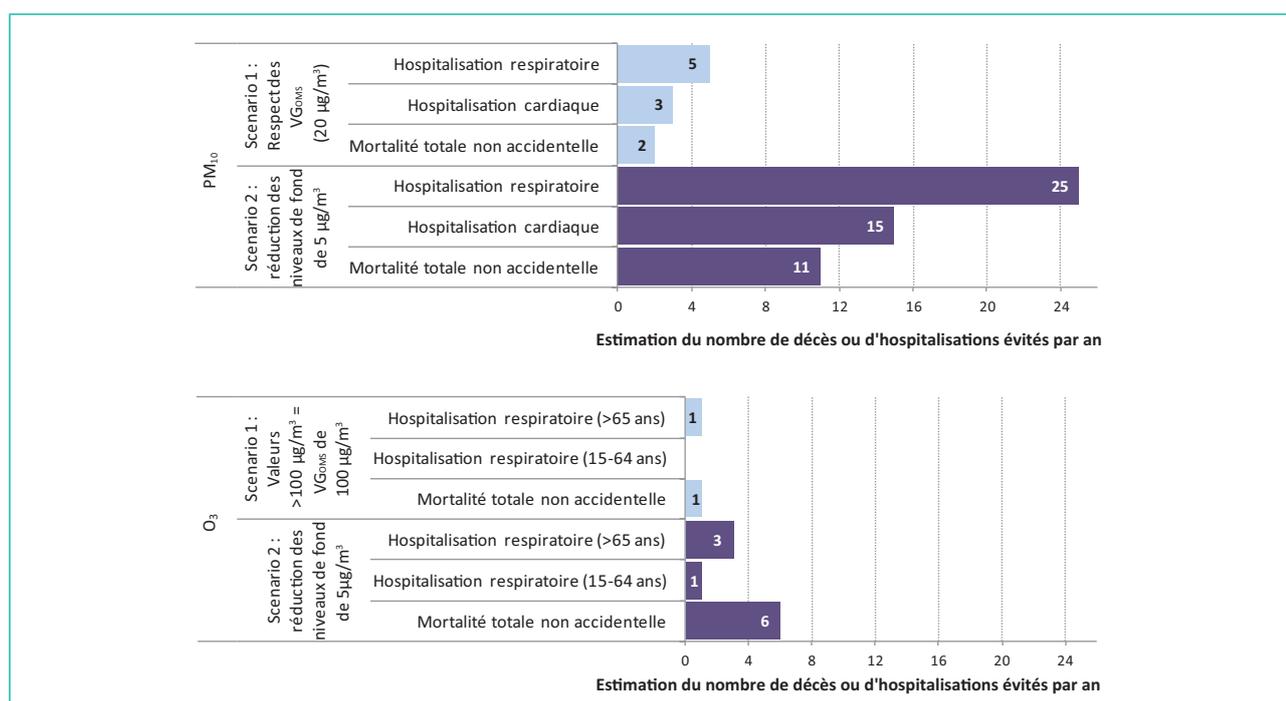
L'impact à court terme est relativement faible pour les deux scénarii et les deux polluants étudiés (figure 4). Plus précisément, pour le scénario OMS (scénario n°1), le gain sanitaire est quasi nul (0,05 % des décès)

car les niveaux d'exposition aux PM₁₀ et à l'ozone sont déjà proches des valeurs guides OMS.

Une diminution des niveaux de fond (scénario n°2) apporte un gain sanitaire un peu plus important. En effet, la diminution des niveaux de PM₁₀ de 5 µg/m³ permettrait d'éviter 11 morts et 40 hospitalisations respiratoires ou cardiaques sur la zone d'étude en un an, soit 0,3 % des décès annuels, 0,6 % des hospitalisations respiratoires et 0,3 % des hospitalisations cardiaques. Le gain sanitaire associé à une diminution des niveaux d'ozone est moins important que celui associé aux PM₁₀ : 0,2 % des décès totaux et 0,2 % des hospitalisations respiratoires chez les plus de 65 ans.

I FIGURE 4 I

Impact à court terme des particules PM₁₀ et de l'ozone sur la zone d'étude de Nantes, 2007-2009



3.3.2. À long terme

L'impact à long terme est quasi identique pour les deux scénarii, l'indicateur des $PM_{2,5}$ étant de $14,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit environ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ plus élevé que la valeur guide OMS.

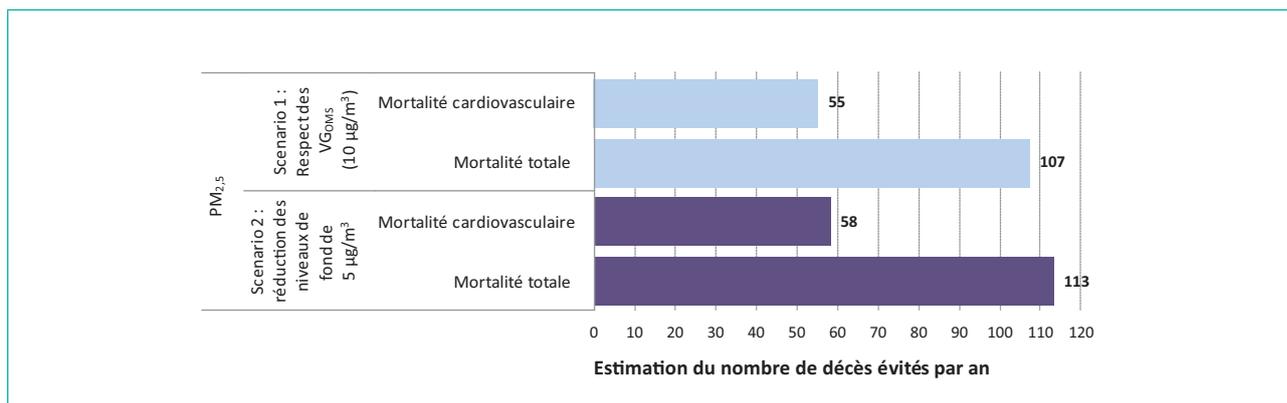
Ainsi, la diminution par $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux moyens annuels de $PM_{2,5}$ sur la zone d'étude de Nantes

permettrait d'éviter 113 décès toute cause, et 58 décès pour cause cardiovasculaire, soit respectivement 3 % des décès totaux et 5,4 % des décès cardiovasculaires de la zone d'étude (figure 5).

En termes de gain d'espérance de vie à 30 ans, les deux scénarii permettent un gain de 3,6 mois par individu sur la zone de Nantes.

FIGURE 5 I

Impact à long terme sur la mortalité des $PM_{2,5}$ sur la zone d'étude de Nantes, 2007-2009



3.3.3. En résumé

En conclusion, sur la zone d'étude de Nantes, les chiffres à retenir sont les suivants :

Nombre d'habitants de la zone d'étude : 594 452

Impact à **court terme** d'une diminution des niveaux de pollution de fond de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$:

- des PM_{10} : 11 décès évités par an ;
- de l'ozone : 6 décès évités par an.

Impact à **long terme** d'une diminution des niveaux de fond de particules fines $PM_{2,5}$ de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou respect de la valeur guide OMS :

- environ 100 décès évités par an dont 55 % pour cause cardiovasculaire (3 % des décès totaux et 5 % des décès cardiovasculaires respectivement) ;
- près de 4 mois de gain d'espérance de vie à 30 ans.

Ces résultats ne doivent pas être considérés comme des chiffres exacts mais plutôt comme des ordres de grandeur, la détermination des indicateurs sanitaires

et d'exposition, ainsi que le choix des relations C-R comportant certaines incertitudes.

4. DISCUSSION

Les niveaux de pollution de fond sur la zone d'étude de Nantes sont proches des valeurs guides OMS pour les PM_{10} et l'ozone mais supérieurs à cette valeur pour les $PM_{2.5}$.

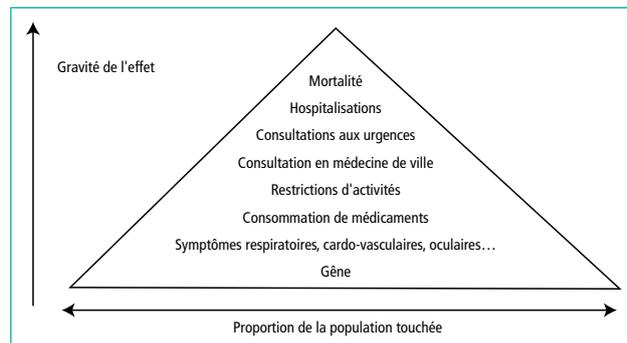
Cette étude montre que **l'impact à long terme est plus important que l'impact à court terme**. Ainsi, en termes de gain sanitaire, il est plus intéressant d'agir sur la pollution de fond, notamment particulaire, au quotidien, plutôt que lors des épisodes de pics de pollution. Ce résultat est concordant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

Il est important de noter que, même si la zone d'étude de Nantes a des niveaux de pollution de fond relativement bas, la diminution des niveaux de particules fines entraîne un gain sanitaire notable surtout à long terme. 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 faibles, s'accompagne d'une diminution des événements sanitaires associés**.

Cette évaluation n'étudie que les **événements de santé les plus graves** (décès et hospitalisations) qui ne représentent qu'une partie de l'ensemble des impacts de la pollution de l'air. D'autres effets tels que l'asthme notamment chez les plus jeunes, les maladies respiratoires aiguës, la toux, les allergies, les irritations... ne sont pas pris en compte. Les résultats **ne rendent donc compte que d'une partie de l'impact réel** de la pollution (figure 6).

FIGURE 6 I

Pyramide des effets associés à la pollution atmosphérique



La réalisation de cette étude repose sur une hypothèse forte, celle selon laquelle l'ensemble de la population de la zone d'étude est touché de la même manière par la pollution atmosphérique. Or il est bien connu que **certaines personnes 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].

Enfin, les niveaux de $PM_{2.5}$ ne sont mesurés que depuis 2009 en Pays de la Loire et n'ont pas pu être utilisés dans cette étude. Une estimation des concentrations en $PM_{2.5}$ a été obtenue à partir des concentrations en PM_{10} . Ce point met en lumière l'importance des mesures environnementales, en continu, et de leur poursuite dans les années à venir, les $PM_{2.5}$ apparaissant comme le polluant ayant l'impact sanitaire le plus important à long terme.

Messages à retenir :

- les niveaux de pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Nantes sont proches des valeurs guide OMS pour l'ozone et les PM_{10} mais plus élevés pour les $PM_{2.5}$;
- l'impact à long terme est plus important que l'impact 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 fines entraîne un gain sanitaire notable.

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. 86 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 des l'URL : http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp_aphekom_010311/Aphekom_summary_report.pdf ou <http://www.aphekom.org>
- [4] Ung A, Pascal M, Chanel O, Corso M, Blanchard M, Pascal L, *et al.* Comment réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine ? Guide méthodologique. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire. Disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/display/?doc=surveillance/psas9/evaluation_impact.html
- [5] Air pollution and health: a European information system (APHEIS). Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Europe. Rapport de la troisième phase, 2002-2003, 2006.

Remerciements

La Cire Pays de la Loire tient à remercier :

- l'équipe Air, eau, climat de l'InVS, et notamment Christophe Declerc, Mathilde Pascal et Magali Corso ;
- l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air, Air Pays de la Loire.

Et Aymeric Ung du Département santé environnement (DSE) de l'InVS pour la relecture et validation scientifique de ce document.

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

Citation suggérée:

Loyer S, Penven F. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Nantes, 2007-2009. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 8 pages. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>