

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur l'agglomération brestoise, 2009-2010

Yvonnick Guillois¹, Air Breizh²

1/ Cellule de l'Institut de veille sanitaire (InVS) en région Bretagne (Cire Ouest)

2/ Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) en région Bretagne

CONTEXTE

Pollution de l'air et santé

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).

Cadre réglementaire en France

La loi n° 96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, 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. Aussi, le code de l'environnement (articles L. 221-1 à L. 221-6) prévoit une surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire. Le ministère chargé de l'écologie confie cette surveillance, dans chaque région, à des organismes agréés, les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) réunies au sein de la Fédération Atmo-France. Le rôle essentiel de ces organismes est l'information du public sur la qualité de l'air ambiant. Le ministère chargé de l'écologie s'appuie également sur le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA), qui assure la coordination technique du dispositif de surveillance.

Au niveau local, les préfets et les régions définissent les Schémas régionaux Climat Air Énergie (SRCAE). Ceux-ci servent de « cadre intégré climat-air-énergie à l'ensemble des actions entreprises par les collectivités territoriales en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de développement des sources locales et renouvelables d'énergie et d'amélioration de la qualité de l'air en agissant potentiellement sur les politiques locales d'aménagement du territoire ». Les préfets mettent en œuvre les Plans de protection de l'atmosphère (PPA) dans

les zones les plus polluées et les agglomérations de plus de 250 000 habitants, ainsi que les procédures de gestion des pics de pollution (arrêté du 26/03/2014¹). Les préfets prennent également des Plans de déplacement urbain (PDU) pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

La loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique précise le fondement réglementaire du Plan national santé environnement (PNSE). Un rapport annexe à cette loi définit 100 objectifs d'amélioration de l'état de santé de la population à atteindre dont l'objectif n° 20 « réduire l'exposition de la population aux polluants atmosphériques ». La réalisation d'Évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) à court et à long termes dans les villes de plus de 100 000 habitants n'est plus aujourd'hui retenue *stricto sensu* comme un indicateur de suivi de l'objectif n° 20. Ces réalisations tous les cinq ans restent cependant qualifiées d'intéressantes.

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

Objectifs de cette étude

Publiée en 2004, la précédente EIS-PA réalisée sur l'agglomération brestoise n'évaluait que l'impact des expositions à long terme pour l'année 2002. Les objectifs de cette étude sont de présenter des résultats actualisés pour la période 2009-2010 et plus complets en incluant l'impact des expositions à court terme. Ces résultats prennent en considération l'évolution de la méthode des EIS-PA et 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. **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, de réduction d'espérance de vie et d'admissions hospitalières évitables, toutes choses égales par ailleurs.**

¹ Arrêté du 26 mars 2014 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant.

² 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 aérodynamique inférieur respectivement à 2,5 ou 10 μm .

MÉTHODES

Démarche d'évaluation

L'EIS-PA a été réalisée selon une méthode décrite dans le guide méthodologique mis à jour par l'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.

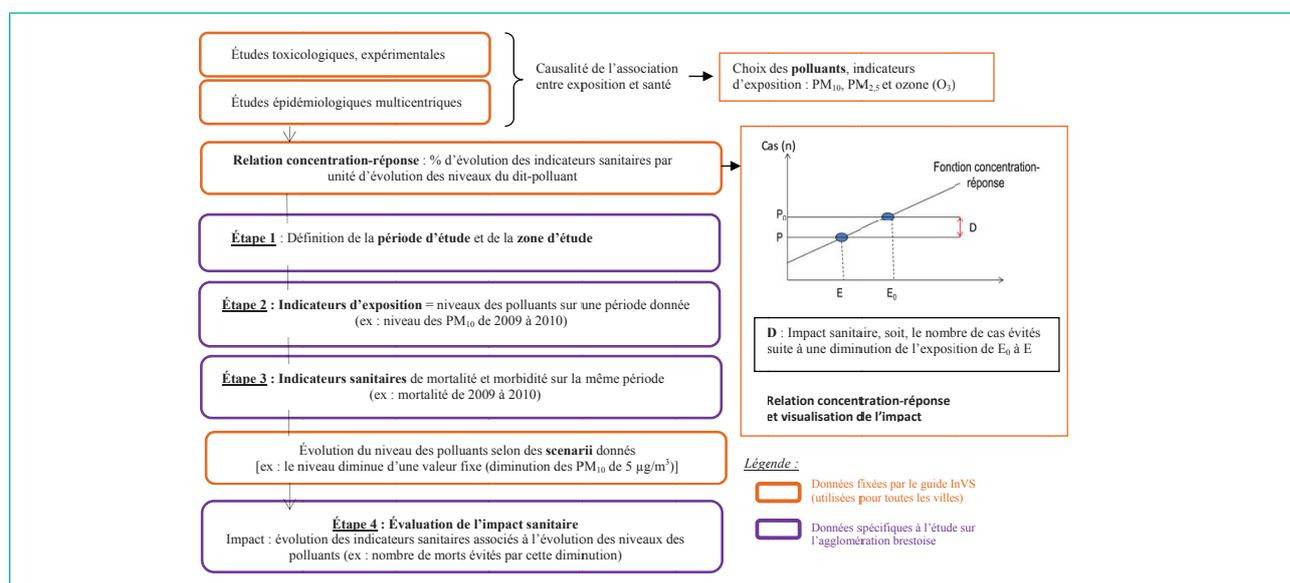
La mise en œuvre d'une EIS-PA est donc restreinte aux polluants pour lesquels la causalité a été établie et qui sont mesurés en routine par l'Aasqa, à savoir l'ozone, les PM_{10} et $PM_{2,5}$. L'approche quantitative utilise les relations C-R disponibles issues d'études épidémiologiques internationales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

Ce n'est qu'une fois l'ensemble de ces données obtenues, que l'EIS-PA peut être faite. 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.

FIGURE 1 I

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



Scenarii étudiés

L'impact sanitaire est quantifié à court terme et à long terme, au travers de scenarii proposés par le guide méthodologique de l'InVS dans lesquels les concentrations moyennes annuelles d'un polluant donné diminuent jusqu'à une valeur spécifique

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

TABLEAU 1 I

Scenarii de diminution des expositions à la pollution atmosphérique

	Indicateurs	Scenarii	Expression des résultats – Impact
COURT TERME	Ozone	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Diminution de tous les maxima journaliers sur 8h dépassant $100 \mu g/m^3$ à la VG_{OMS} soit $100 \mu g/m^3$ 2 – Diminution de $5 \mu g/m^3$ de la moyenne annuelle 	<p>Nombre de morts évités/an</p> <p>Nombre d'hospitalisations pour causes respiratoires évitées/an (chez les 15- 64 ans et chez les 65 ans et plus)</p>
	PM_{10}	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Diminution de la moyenne annuelle à la VG_{OMS} soit $20 \mu g/m^3$ 2 – Diminution de la moyenne annuelle de $5 \mu g/m^3$ 	<p>Nombre de morts évités/an</p> <p>Nombre d'hospitalisations respiratoires et cardiaques évitées/an</p>
LONG TERME	$PM_{2,5}$	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Diminution de la moyenne annuelle à la VG_{OMS} soit $10 \mu g/m^3$ 2 – Diminution de $5 \mu g/m^3$ de la moyenne annuelle 	<p>Nombre de morts évités/an chez les 30 ans et plus</p> <p>Nombre de morts pour cause cardiovasculaire évités/an chez les 30 ans et plus</p> <p>Gain d'espérance de vie à 30 ans</p>

Relations concentration-réponse

Les relations concentration-réponse utilisées sont celles proposées dans le guide méthodologique mis à jour par l'InVS en 2013 [4].

Période d'étude

La période retenue est 2009-2010. Ce choix repose sur les critères suivants :

- période d'étude suffisamment longue pour être représentative de l'exposition habituelle aux polluants considérés 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 Brest, Bohars, Gouesnou, et Le Relecq-Kerhuon (figure 2). Elle s'étend sur une superficie de 75,29 km² et comptait, en 2010, 161 554 habitants (population municipale, source Insee (Institut national de la statistique et des études économiques), recensement de la population 2010) dont 14 081 (8,7 %) âgés de 75 ans ou plus. La densité de population moyenne était en 2010 de 2 145,8 habitants/km².

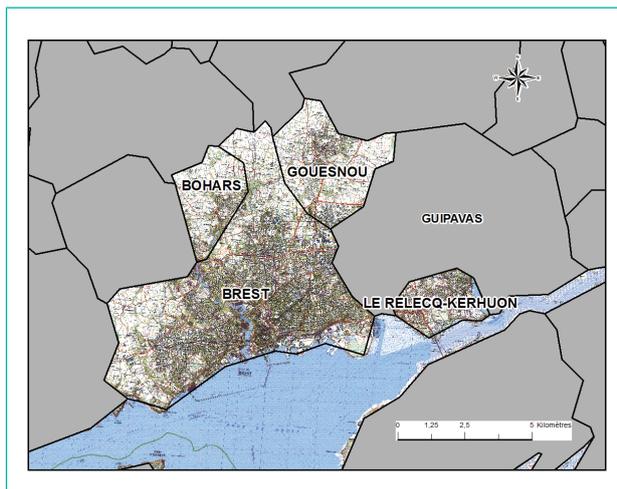
Cette zone d'étude respecte les critères du guide méthodologique InVS :

- continuité urbaine (continuité du bâti) ;
- plus de 100 000 habitants dont la majorité vit et travaille dans la zone d'étude, et se fait soigner dans les hôpitaux de la zone ;
- des stations de mesure de la qualité de l'air représentatives de l'ensemble de la zone d'étude d'après l'expertise de l'Aasqa (Air Breizh) ;
- des niveaux de pollution homogènes sur toute la zone.

La continuité urbaine entre Le Relecq-Kerhuon et Brest s'effectue par la frange littorale de la commune de Guipavas. Cette dernière commune n'a cependant pas été intégrée à la zone d'étude car il n'existe pas de continuité urbaine entre son centre-ville et Brest. Les autres communes limitrophes de Brest qui ne font pas partie de la zone d'étude ont été exclues car il n'y avait pas de continuité urbaine.

FIGURE 2 |

Carte de la zone d'étude



RÉSULTATS

Sources de pollution atmosphérique

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

TABLEAU 2 |

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

Polluant	Transports	Résidentiel et activités tertiaires	Industrie	Agriculture	Total
PM ₁₀	109,9	94,2	37,6	3,9	245,8
	(44,7 %)	(38,3 %)	(15,3 %)	(1,6 %)	(100 %)
PM _{2,5}	76,6	92,6	30,1	1,4	200,8
	(38,2 %)	(46,1 %)	(15,0 %)	(0,7 %)	(100 %)
NO _x (Oxydes d'azote)	1 370,4	420,6	85,4	1,3	1 877,8
	(73,0 %)	(22,4 %)	(4,5 %)	(0,1 %)	(100 %)

Source : Air Breizh, inventaire spatialisé des émissions, 2008.

Indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique urbaine

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

Ozone : indicateur d'exposition à court terme

Les données des stations Macé et Pen ar Streat 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 deux stations de mesure sélectionnées. Un indicateur d'exposition à l'ozone a ainsi pu être construit pour chacune des 730 journées de la période 2009-2010. L'exposition moyenne à l'ozone sur la période 2009-2010 est caractérisée par une concentration moyenne annuelle de 68,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 22 jours de dépassement de la VG_{OMS} fixée à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 heures soit pour 3,0 % des jours de la période d'étude (figure 3).

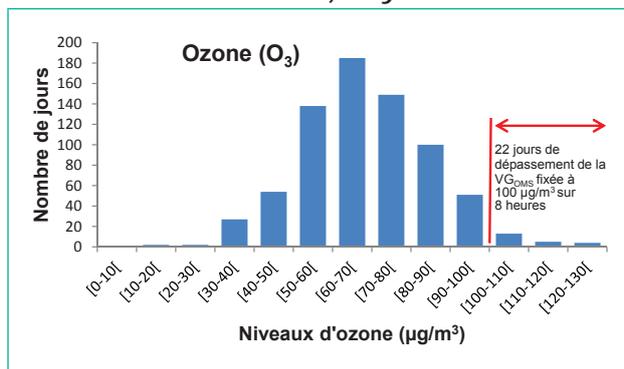
TABLEAU 3 I

Exposition moyenne à l'ozone, zone d'étude de Brest, 2009-2010

Moyennes annuelles			
	2009	2010	2009-2010
Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	69,3	68,0	68,6
	Hiver 2009-2010 (21/09 au 20/03)	Été 2009-2010 (21/03 au 20/09)	
Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63,2	74,0	

FIGURE 3 I

Distribution des maxima journaliers d'ozone sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010



PM_{10} : indicateur d'exposition à court terme

Les données de la station Macé ont permis de construire les indicateurs journaliers d'exposition aux PM_{10} caractérisés par une concentration moyenne sur la période 2009-2010 de 25,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur est supérieure à la VG_{OMS} fixée à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Les indicateurs d'exposition ont pu être construits pour 708 journées : 22 valeurs manquaient soit pour 3,0 % des journées de la période d'étude.

TABLEAU 4 I

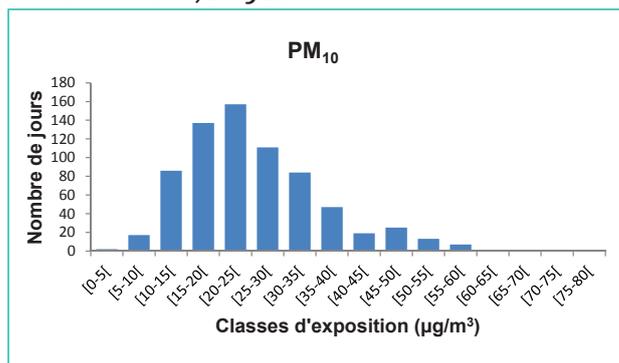
Exposition moyenne aux PM_{10} *, zone d'étude de Brest, 2009-2010

Moyennes annuelles			
	2009	2010	2009-2010
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24,8	25,8	25,3

*Les concentrations en PM_{10} ont été mesurées par une station TEOM/FDMS qui prend en compte la partie volatile des particules.

FIGURE 4 I

Distribution des niveaux journaliers de PM_{10} sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010



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

Les données de la station Macé ont permis de construire des indicateurs journaliers d'exposition aux $\text{PM}_{2,5}$ caractérisés par une concentration moyenne de 14,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la période 2009-2010. Cette valeur est supérieure à la VG_{OMS} fixée à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Les indicateurs d'exposition ont pu être construits pour 663 journées : 67 valeurs manquaient soit pour 9,2 % des journées de la période d'étude.

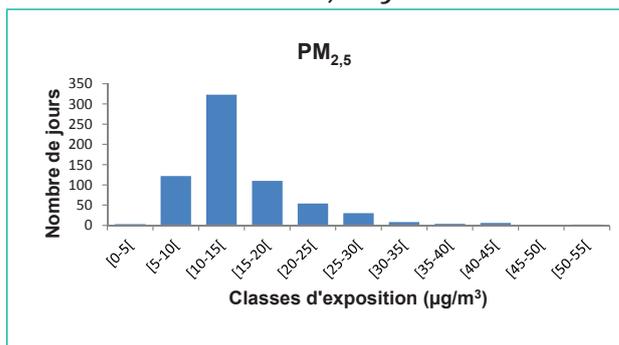
TABLEAU 5 I

Exposition moyenne aux $\text{PM}_{2,5}$, zone d'étude de Brest, 2009-2010

Moyennes annuelles – Données ajustées			
	2009	2010	2009-2010
$\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14,6	14,6	14,6

FIGURE 5 I

Distribution des niveaux journaliers de $\text{PM}_{2,5}$ sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010



Indicateurs sanitaires

Les données de mortalité sont 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'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 (ATIH).

TABLEAU 6 I

Indicateurs de mortalité et morbidité utilisés pour les EIS court et long terme. Zone d'étude de Brest, 2009-2010

Nature de l'EIS	Indicateur	Tranche d'âge	Période 2009-2010	
			Nb	Taux*
Court terme	Mortalité non accidentelle	Tous âges	2 659	1 646
Court terme	Hospitalisation pour causes cardiaques	Tous âges	2 999	1 856
Court terme	Hospitalisation pour causes respiratoires	Tous âges	4 952	3 065
Court terme	Hospitalisation pour causes respiratoires	15-64 ans	1 877	1 162
Court terme	Hospitalisation pour causes respiratoires	≥65 ans	1 672	1 035
Long terme	Mortalité par causes cardiovasculaires	≥30 ans	713	441
Long terme	Mortalité totale	≥30 ans	2 819	1 745

*Taux = nombre de cas pour 100 000 habitants.

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 Brest. Ainsi, l'impact sanitaire à court et long termes d'une diminution des niveaux de pollution a pu être calculé. Il s'exprime en décès et hospitalisations évités par an.

À court terme

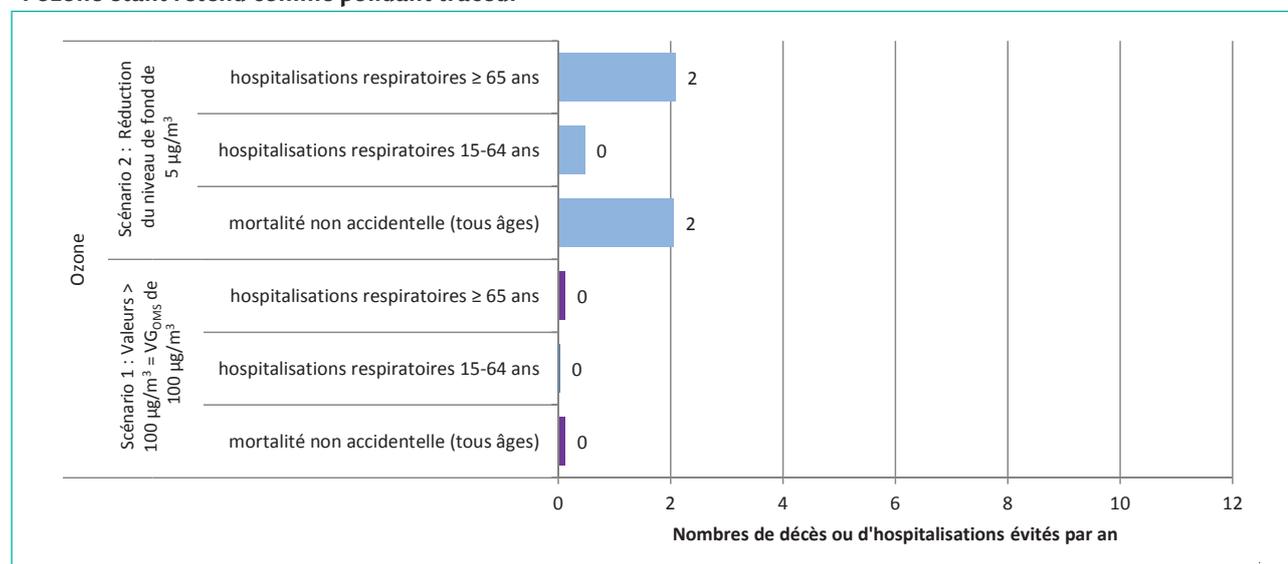
L'estimation de l'impact sanitaire à court terme est faible pour les deux scénarii associés à des réductions des expositions à l'ozone (figure 6). Plus précisément, pour le scénario de réduction des expositions à l'ozone à la VG_{OMS} , le gain sanitaire est quasi nul : en effet, sur la période 2009-2010, les indicateurs journaliers dépassant la VG_{OMS}

de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont peu nombreux et les dépassements sont majoritairement de faible ampleur.

L'impact sanitaire associé aux PM_{10} est plus important (figure 7). Pour ce polluant, les résultats obtenus pour chacun des deux scénarii sont très proches car l'indicateur moyen d'exposition aux PM_{10} sur la période 2009-2010 ($25,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est voisin de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le scénario basé sur le respect de la VG_{OMS} offre des gains sanitaires légèrement plus importants par comparaison à une réduction des niveaux de fond de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ainsi, la diminution des niveaux de PM_{10} jusqu'à la VG_{OMS} permettrait d'éviter, annuellement, environ 4 décès (mortalité non accidentelle tous âges) et 20 hospitalisations cardiaques ou respiratoires, soit 0,3 % de la mortalité non accidentelle (tous âges), 0,6 % des hospitalisations respiratoires (tous âges) et 0,3 % des hospitalisations cardiaques (tous âges).

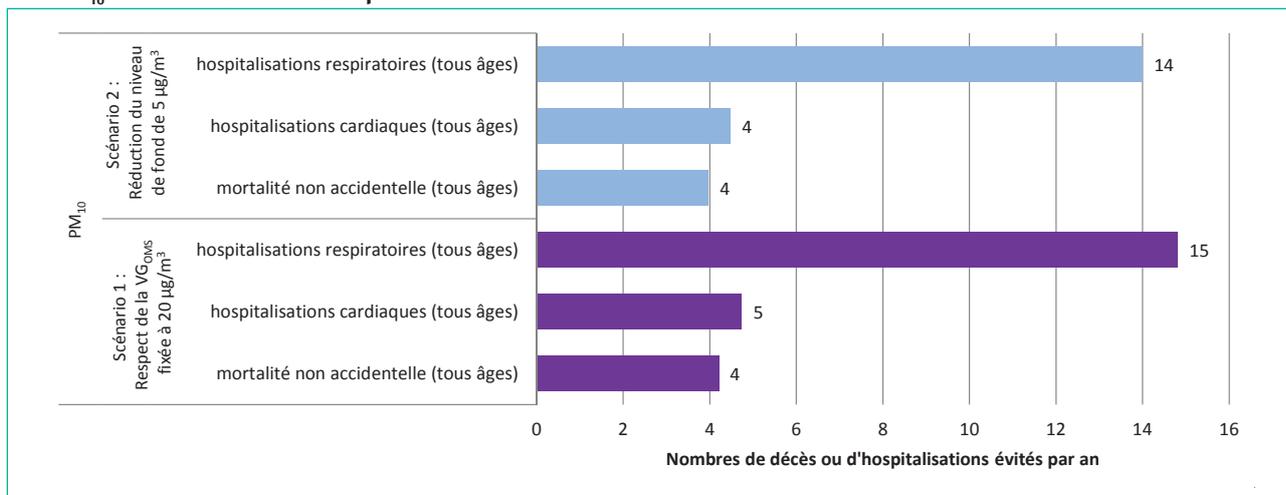
FIGURE 6 I

Estimation de l'impact à court terme de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010, l'ozone étant retenu comme polluant traceur



I FIGURE 7 I

Estimation de l'impact à court terme de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010, les PM₁₀ étant retenues comme polluant traceur



À long terme

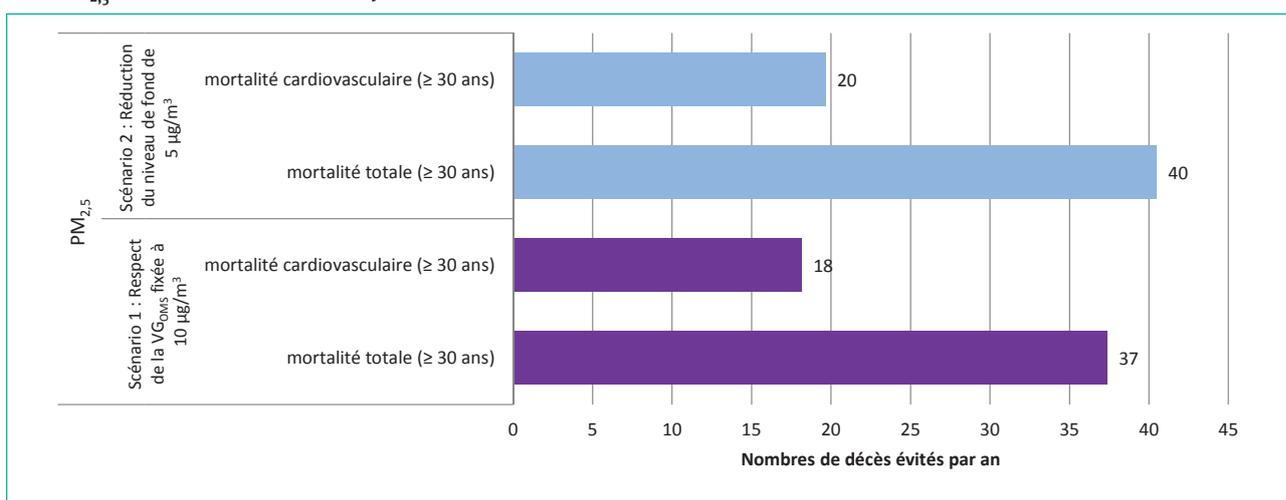
L'estimation de l'impact sanitaire à long terme est très légèrement plus élevée pour le scénario de réduction des niveaux de fond des PM_{2,5} de 5 µg/m³ puisque le niveau moyen d'exposition aux PM_{2,5} sur la période 2009-2010 (14,6 µg/m³) est inférieur à 15 µg/m³. Ainsi pour le scénario de diminution des niveaux de 5 µg/m³, ce sont 40 décès annuels qui pourraient

être évités dont 20 décès pour causes cardiovasculaires, soit 2,9 % de la mortalité totale (chez les plus de 30 ans) et 5,5 % des décès cardiovasculaires (chez les plus de 30 ans).

En termes de gain d'espérance de vie à 30 ans, ce scénario permet un gain de 4,8 mois par individu.

I FIGURE 8 I

Estimation de l'impact à long terme de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Brest, 2009-2010, les PM_{2,5} étant retenues comme polluant traceur



En résumé

Sur la zone d'étude de Brest, les chiffres à retenir sont les suivants :

Nombre d'habitants de la zone d'étude : 161 554 habitants

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

- de l'ozone : 2 décès évités par an (mortalité non accidentelle tous âges) ;
- des PM_{10} : 4 décès évités par an (mortalité non accidentelle tous âges).

Gain sanitaire à long terme d'une diminution des niveaux de fond de particules fines $\text{PM}_{2,5}$ de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$:

- environ 40 décès évités (mortalité totale parmi les plus de 30 ans) par an dont approximativement 49 % pour cause cardiovasculaire ;
- plus de 4 mois et demi de gain d'espérance de vie à 30 ans.

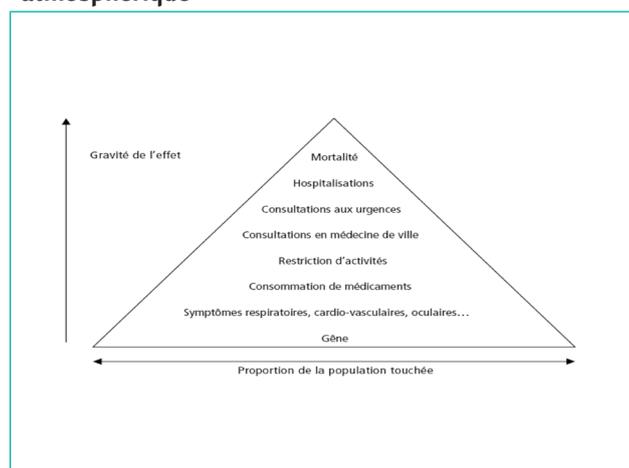
DISCUSSION

Il convient de noter que les gains sanitaires à court et long termes se recoupent partiellement et ne peuvent donc être additionnés [5;6]. Par ailleurs, les 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.

Cette évaluation ne prend en compte 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 9).

FIGURE 9 |

Pyramide des effets associés à la pollution atmosphérique



Source : Santé Canada.

Par ailleurs, la réalisation de cette étude repose sur une hypothèse forte, selon laquelle l'ensemble de la population d'étude est touché 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].

D'après le guide méthodologique de l'InVS, idéalement la période d'étude devrait être de trois années. Pour l'agglomération brestoise, la période d'étude a été restreinte aux 2 seules années 2009-2010 car les données manquantes pour le polluant $\text{PM}_{2,5}$ étaient nombreuses en 2011. Les années 2009 et 2010 sont caractérisées par des expositions à la pollution atmosphérique proches. Le choix d'une période d'étude restreinte ne porte donc pas atteinte à la fiabilité des résultats de l'EIS-PA.

CONCLUSION

Les niveaux de pollution particulaire sur la zone de Brest, sont supérieurs aux valeurs guides de l'OMS aussi bien pour les PM_{10} ($25,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une VG_{OMS} à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que pour les $\text{PM}_{2,5}$ ($14,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une VG_{OMS} fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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

Cette étude montre qu'une politique volontariste associée à des réductions des concentrations en particules fines $\text{PM}_{2,5}$ de l'ordre de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entraînerait 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.

Messages à retenir :

- les niveaux de pollution atmosphérique sur la zone d'étude de Brest sont supérieurs aux VG_{OMS} pour les PM_{10} 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, apporterait un gain sanitaire plus important que d'agir uniquement 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, 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 ; 2013. 47 p.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Guides/Comment-realiser-une-evaluation-de-l-impact-sanitaire-de-la-pollution-atmospherique-urbaine>

[5] Künzli N, Medina S, Kaiser R, Quénel 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.

[6] 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, Brest

Citation suggérée :

Guillois Y, Air Breizh. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur l'agglomération brestoise, 2009-2010. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2016. 8 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>