

Évaluation de l'impact sanitaire **de la pollution atmosphérique urbaine**

Agglomération de Périgueux
Impact à court et long terme



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

1 Introduction p. 4

2 Description de la zone d'étude p. 4

- 2.1 | Choix de la zone d'étude p. 4
- 2.2 | Population et établissements de soins p. 5
- 2.3 | Sources de pollution p. 6

3 Matériel et méthodes p. 7

- 3.1 | Identification de dangers p. 7
- 3.2 | Estimation de l'exposition p. 7
- 3.3 | Choix des relations exposition-risque p. 7
- 3.4 | Caractérisation du risque p. 9
- 3.5 | Définition des périodes d'étude p. 9
- 3.6 | Description de la station de mesure p. 9
- 3.7 | Indicateurs sanitaires p. 10

4 Résultats p. 10

- 4.1 | Description des indicateurs de pollution p. 10
- 4.2 | Description des indicateurs sanitaires p. 12
- 4.3 | Caractérisation du risque à court terme p. 13
- 4.4 | Caractérisation du risque à long terme p. 18

5 Discussion p. 19

- 5.1 | Limites de la méthode p. 19
- 5.2 | Interprétation des résultats p. 20

6 Conclusion p. 21

Références bibliographiques p. 22

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine

Agglomération de Périgueux

Impact à court et long terme

Réalisation de l'étude

Cellule interrégionale d'épidémiologie Aquitaine :
Dorothée Provost, Sophie Larrieu et Laurent Filleul

Ont contribué à cette étude

Airag (Association de surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine) :
Florence Péron et Laurent Chaix

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de Dordogne :
Jean-Claude Fröchen

Direction régionale des affaires sanitaires et sociales d'Aquitaine :
Claire Morisson

Agence régionale d'hospitalisation :
Christophe Maury

Abréviations

Ademe : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Aasqa : Association agréée de surveillance de la qualité de l'air

Airag : Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine

APHEA : Air Pollution and Health: a European Approach

APHEIS : Air Pollution and Health: a European Information System

Cire : Cellule interrégionale d'épidémiologie

EIS : Évaluation de l'impact sanitaire

IC : Intervalle de confiance

Insee : Institut national de la statistique et des études économiques

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

InVS : Institut de veille sanitaire

NA : Nombre d'événements attribuables

NO₂ : Dioxyde d'azote

O₃ : Ozone

OMS : Organisation mondiale de la santé

PM_{2,5} : Particules en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm

PM₁₀ : Particules en suspension de diamètre inférieur à 10 µm

PMSI : Programme de médicalisation des systèmes d'information

PRQA : Plan régional pour la qualité de l'air

Psas-9 : Programme national de surveillance air et santé dans 9 villes françaises

RR : Risque relatif

SO₂ : Dioxyde de soufre

Glossaire

Dioxyde d'azote (NO₂) : le dioxyde d'azote est principalement émis par les véhicules (près de 60 %) et les installations de combustion. C'est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique : démarche qui consiste à quantifier par calcul l'impact sanitaire associé à une évolution des niveaux de pollution atmosphérique.

Exposition : ici, contact entre la pollution atmosphérique urbaine et la population d'étude.

Gain sanitaire : ici, nombre d'événements sanitaires indésirables potentiellement évitables par une réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique.

Impact sanitaire : ici, nombre d'événements sanitaires indésirables attribuables à une exposition ou à un accroissement de l'exposition à la pollution atmosphérique urbaine.

Impact sanitaire à court terme : impact sanitaire qui se manifeste le jour même ou le lendemain l'exposition.

Impact sanitaire à long terme : impact sanitaire qui se manifeste plusieurs années après la survenue de l'exposition et donc attribuable à une exposition chronique.

Indicateur d'exposition : ici, variable dont la grandeur est fonction de l'intensité de l'exposition à la pollution atmosphérique.

Indicateur sanitaire : variable correspondant à un nombre d'événements sanitaires indésirables survenus dans la population. Par exemple, l'indicateur sanitaire "mortalité totale" fournit le nombre de décès toutes causes dans la population d'étude.

Intervalle de confiance : intervalle autour de l'estimation ponctuelle d'un paramètre, construit au moyen de méthodes statistiques afin de contenir la "vraie" valeur du paramètre avec une probabilité de 0,95.

Morbidité : nombre de personnes souffrant d'une maladie au sein d'une population pendant une période déterminée. Dans cette étude, les indicateurs de morbidité sont les nombres d'admissions hospitalières pour causes respiratoire, cardio-vasculaire et cardiaque.

Mortalité : nombre de décès au sein d'une population pendant une période déterminée. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles), cardio-vasculaire et respiratoire.

Ozone (O₃) : polluant secondaire résultant de la transformation photochimique de certains polluants primaires dans l'atmosphère sous l'effet des rayonnements ultra-violet qui peut provoquer une altération des voies respiratoires les plus fines et des irritations oculaires.

Particules PM₁₀ et PM_{2,5} : polluants particulaires de taille très variable (diamètre inférieur à 10 µm pour les PM₁₀ et inférieur à 2,5 µm pour les PM_{2,5}) dont les plus fines peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Relation exposition-risque : fonction qui relie un indicateur sanitaire à un indicateur d'exposition.

Risque relatif : rapport du risque encouru par une population exposée à un niveau donné de pollution par rapport au risque de cette même population si elle était exposée différemment.

1 | Introduction

Le Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA), prévu par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, a pour objet de fixer les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique. Il s'appuie, entre autres, sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé publique, permettant ainsi de fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air fondés sur des critères de santé publique.

C'est dans le cadre des orientations du PRQA que la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Aquitaine a réalisé une évaluation de l'impact sanitaire (EIS) de la pollution atmosphérique sur l'agglomération de Périgueux.

Cette étude suit la démarche méthodologique d'EIS décrite par l'Institut de veille sanitaire (InVS), en accord avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), de manière à :

- estimer l'impact sanitaire à court terme de la pollution actuelle sur la mortalité toutes causes, respiratoire et cardiaque et sur les admissions hospitalières pour motifs respiratoires, cardiaques et cardio-vasculaires dans l'agglomération de Périgueux ;
- estimer l'impact sanitaire à long terme de la pollution actuelle sur la mortalité toutes causes ;
- calculer les bénéfices attendus en terme de gain sanitaire en fonction des différents scénarios de réduction des polluants ; ceci ayant pour objectif d'améliorer la qualité de l'air par des mesures de prévention efficaces.

La démarche utilisée s'appuie sur le guide méthodologique publié en juin 2003 par l'InVS accompagné d'un classeur Excel permettant de réaliser les calculs nécessaires [1,2]. Il s'agit d'une méthode standardisée et transparente permettant d'évaluer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à partir des données recueillies en routine.

2 | Description de la zone d'étude

La Dordogne, département d'une superficie de 9 060 km², est située dans la région Aquitaine. Les frontières administratives de ce département se confondent avec celles du Périgord historique. Au nord et au nord-est se trouve le Limousin, à l'ouest les Charentes et la Gironde, au sud l'Agenais et au sud-est le Quercy.

Le territoire périgourdin se situe donc à mi-chemin entre l'océan et le Massif-Central, position de transition qui lui confère un climat tempéré. Ce département couvre 1,7 % du territoire français et 21,4 % du territoire aquitain.

2.1 | Choix de la zone d'étude

La sélection de la zone d'étude repose sur l'identification d'une zone urbaine où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être estimée et considérée comme homogène. Cette sélection repose donc sur plusieurs critères : la zone doit être sans rupture d'urbanisation, la qualité de l'air mesurée et la répartition des émissions doivent pouvoir être considérées comme homogènes et la majorité de la population doit y séjourner en permanence.

Depuis le 26 avril 2002, l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine (Airaq) mesure quotidiennement la qualité de l'air de l'agglomération de Périgueux à partir des données fournies par une seule station urbaine de fond (estimation de la pollution de fond en milieu urbain et connaissance des taux d'exposition chronique auxquels est soumise la population) située dans l'enceinte du Lycée Pablo Picasso, rue Paul Louis Courier. A noter qu'il s'agit de la

seule station existante sur le département. Cependant, elle a été installée selon les critères de l'Ademe afin d'être représentative de l'exposition de l'ensemble de la population de l'agglomération. Cette représentativité a par ailleurs été vérifiée à plusieurs reprises avant et après l'installation définitive de la station par des études de moyens mobiles.

La ville de Périgueux est le chef-lieu de la Dordogne. L'agglomération périgourdine, principal pôle industriel, commercial et tertiaire du département, représente un tiers des emplois de la Dordogne. Selon l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), l'unité urbaine de Périgueux regroupe huit communes : Périgueux, Trélissac, Boulazac, Coulounieix-Chamiers, Marsac-sur-l'Isle, Atur, Champcevinel, Chancelade. Au dernier recensement de population de l'Insee en 1999, ces communes regroupaient 59 066 habitants.

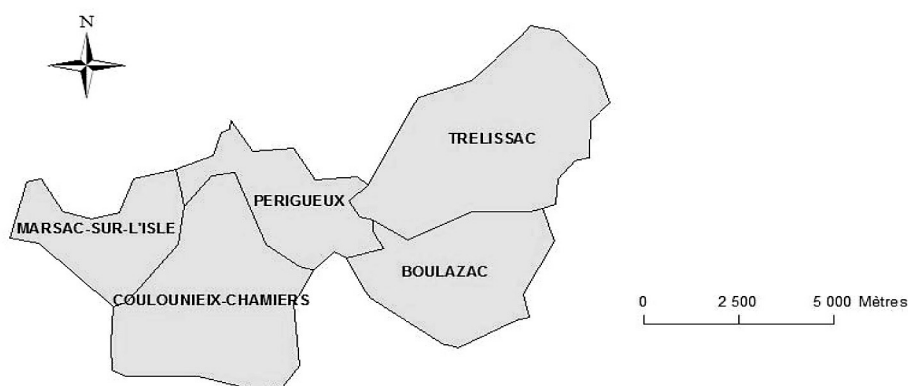
D'après la définition de l'Agence européenne de l'environnement dans le cadre du réseau Euroairnet¹, l'aire de représentativité d'une station de mesure

de fond correspond à un rayon de 1 à 5 km. Un périmètre autour de la station de mesure de fond avec un diamètre de 5 km a donc permis de définir une première zone d'étude composée de six communes de l'agglomération périgourdine (Périgueux, Trélissac, Boulazac, Coulounieix-Chamiers, Marsac-sur-l'Isle et Champcevinel) dans laquelle la pollution pouvait *a priori* être considérée comme homogène. Cependant, la commune de Champcevinel a été exclue de cette zone d'étude car elle était séparée de Périgueux par une colline qui constituait une barrière à la diffusion des polluants.

Au final, la zone d'étude sélectionnée avec l'ensemble des partenaires locaux est composée de cinq communes appartenant à l'agglomération de Périgueux : Périgueux, Trélissac, Boulazac, Coulounieix-Chamiers et Marsac-sur-l'Isle.

Cette zone présentée dans la figure 1 sera dénommée Périgueux dans la présentation des résultats suivants.

Figure 1- Zone d'étude de Périgueux



2.2 | Population et établissements de soins

Population

La zone d'étude dont la superficie est de 79 km² représente une population totale de 52 948 habitants (recensement population 1999). La densité globale de cette zone est de 670 habitants par km².

Le tableau 1 présente les données démographiques, les densités de population et la superficie des communes sélectionnées.

Les quatre communes ajoutées à Périgueux pour constituer la zone d'étude sont très étendues géographiquement et caractérisées par la présence à leur périphérie de larges zones commerciales regroupant plusieurs grandes enseignes, notamment à Marsac, Boulazac et Trélissac, ce qui peut en partie expliquer la différence de densité observée, ces zones étant couvertes uniquement par des centres commerciaux. À l'inverse les quartiers résidentiels de ces communes

¹ Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air, Ademe, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Paris, 2002.

se situent à la limite de Périgueux et entrent totalement dans la continuité urbaine de cette ville. De plus, ils sont situés à proximité de la station de mesure (environ 5 km au plus). On peut donc supposer que la majorité de la population de ces communes est soumise à une pollution comparable à celle de Périgueux sur le plan qualitatif et quantitatif. De plus, bien que nous ne disposions pas

des données de navette domicile - travail, nous pouvons supposer que la majeure partie des habitants des communes de la proche couronne travaille à Périgueux et y passe ainsi une grande partie de son temps.

La répartition par tranche d'âge de la population de la zone d'étude est présentée dans le tableau 2.

Tableau 1 - Population, superficie et densité de la zone d'étude, source Insee, recensement population 1999

Commune	Population 1999	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
Boulazac	6 051	14,6	415
Coulounieix-Chamiers	8 114	21,7	374
Marsac-sur-l'Isle	2 199	10,0	219
Périgueux	30 152	9,8	3 070
Trélissac	6 432	22,9	281
Total	52 948	79,0	670

Tableau 2 - Répartition par tranche d'âge de la population de la zone d'étude, source Insee, recensement population 1999

Commune	0-14 ans		15-64 ans		≥ 65 ans		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Boulazac	1 091	18,0	4 061	67,1	899	14,9	6 051	100,0
Coulounieix-Chamiers	1 193	14,7	5 139	63,3	1 782	22,0	8 114	100,0
Marsac-sur-l'Isle	439	20,0	1 393	63,3	367	16,7	2 199	100,0
Périgueux	3 747	12,4	19 472	64,6	6 933	23,0	30 152	100,0
Trélissac	886	13,8	3 961	61,6	1 585	24,6	6 432	100,0
Total	7 356	13,9	34 026	64,3	11 566	21,8	52 948	100,0

État de santé de la population

D'une manière générale, l'état de santé de la population en Dordogne est assez proche de la moyenne française.

Sur les 100 départements français, elle se situait en 2001 au 53^e rang pour la mortalité totale chez les hommes et au 58^e rang chez les femmes. Pour l'année 2002, toujours sur les 100 départements, elle se situait au 58^e rang pour les décès par cardiopathie ischémique chez les hommes et 52^e chez les femmes ; et pour les décès

par maladie respiratoire, au 44^e rang pour les hommes et au 46^e pour les femmes (source : Observatoire régional de la santé Aquitaine).

Les établissements de soins

Les établissements de soins présents dans la zone d'étude et susceptibles de recevoir des patients présentant les pathologies étudiées (respiratoires, cardio-vasculaires et cardiaques) sont au nombre de trois : un centre hospitalier général et deux cliniques.

2.3 | Sources de pollution

La principale source de pollution atmosphérique dans l'agglomération de Périgueux est liée au trafic routier. En effet, les transports routiers sont la source d'émission

la plus importante d'oxydes d'azote, de composés organo-volatils non méthaniques, de monoxyde de carbone et de particules.

3 | Matériel et méthodes

Cette étude repose sur les principes méthodologiques de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine proposée par l'InVS.

Cette méthodologie se décompose en quatre étapes : identification des dangers, estimation de l'exposition, choix des relations exposition-risque, caractérisation du risque.

3.1 | Identification des dangers

Cette étape a pour objectif d'établir les dangers liés à un polluant à partir de données toxicologiques et épidémiologiques.

Les principaux effets connus de la pollution atmosphérique sur la santé des populations urbaines sont les

effets sur la mortalité toutes causes, cardio-vasculaire et respiratoire ainsi que ceux de la morbidité pour motifs respiratoires, cardiaques et cardio-vasculaires par le biais des admissions hospitalières.

3.2 | Estimation de l'exposition

La deuxième étape permet de quantifier l'exposition à laquelle est soumise la population à partir du traitement et de l'analyse des données de pollution collectées en routine par le réseau local de mesure de la qualité de l'air.

Les indicateurs de pollution retenus pour étudier les effets de la pollution sur la santé sont ceux visés par le décret relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement (décret 2002-213 du 15 février 2002).

La construction des indicateurs d'exposition pour les études d'impact sanitaire est basée sur cinq polluants : les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM_{10}), les fumées noires (FN) et le dioxyde de soufre (SO_2)

pour la pollution acido-particulaire, le dioxyde d'azote (NO_2) et l'ozone (O_3) pour la pollution photo-oxydante. Pour cette évaluation, seront retenus les PM_{10} , le NO_2 et l' O_3 , les autres polluants n'étant pas mesurés dans le département de la Dordogne.

La méthode utilisée pour la construction des indicateurs d'exposition reflétant au mieux les concentrations de chaque polluant auxquelles la population est soumise est la même pour les études à court terme et à long terme mais, pour le calcul de l'impact sanitaire à long terme, c'est la moyenne annuelle qui est prise en compte. En effet, les relations exposition-risque à long terme disponibles sont basées sur des moyennes annuelles d'exposition.

3.3 | Choix des relations exposition-risque

Dans son guide méthodologique, l'InVS a retenu des relations exposition-risque issues d'études épidémiologiques réalisées en population générale s'intéressant directement aux liens existant entre la pollution de l'air et la santé de l'homme.

Les études multicentriques et européennes ont été privilégiées.

EIS à court terme

Mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire

Les fonctions exposition-risque produites par le Programme de surveillance air et santé dans 9 villes françaises (Psas-9) sont utilisées pour le NO_2 et l' O_3 et celles produites par le programme Air Pollution and Health - a European Approach (APHEA 2) sont utilisées pour les PM_{10} [3,4] (tableau 3).

Tableau 3 - Risques relatifs (IC 95 %) de mortalité pour une exposition de 0-1 jour et une augmentation de 10 µg/m³ des polluants

Mortalité	PM ₁₀ [*]	NO ₂ ^{**}	O ₃ [*]
Toutes causes	1,006 [1,004-1,008]	1,010 [1,007-1,013]	1,007 [1,003-1,010]
Cardio-vasculaire		1,012 [1,005-1,018]	1,011 [1,004-1,018]
Respiratoire		1,013 [1,005-1,021]	1,012 [1,006-1,019]

*APHEA 2

**Psas-9

Admissions hospitalières

Concernant les admissions hospitalières pour pathologies respiratoires et cardiaques, les fonctions exposition/risque utilisées sont celles issues d'APHEA 1

et APHEA 2 [5,6]. Pour les admissions pour pathologies cardio-vasculaires, seule une fonction exposition-risque pour l'indicateur de pollution NO₂ a été utilisée et est issue du programme Psas-9 [3] (tableaux 4 à 6).

Tableau 4 - Risques relatifs (IC 95 %) d'admissions hospitalières pour pathologies respiratoires pour une exposition de 0-1 jour et une augmentation de 10 µg/m³ des polluants

Admissions hospitalières pour pathologies respiratoires et IC 95 %		
	15-64 ans	65 ans et plus
PM ₁₀		1,009** [1,006-1,013]
NO ₂	1,002* [0,997-1,007]	1,004* [0,996-1,012]
O ₃ été	1,004* [0,998-1,010]	1,008* [1,004-1,014]

*APHEA 1

**APHEA 2

Tableau 5 - Risques relatifs (IC 95 %) d'admissions hospitalières pour pathologies cardio-vasculaires pour une exposition de 0-1 jour et une augmentation de 10 µg/m³ des polluants

Polluant	Saison	Pathologies cardio-vasculaires tous âges*
NO ₂	Hiver	1,010 [1,006-1,014]
NO ₂	Été	1,012 [1,007-1,017]

*Psas-9

Tableau 6 - Risques relatifs (IC 95 %) d'admissions hospitalières pour pathologies cardiaques pour une exposition de 0-1 jour et une augmentation de 10 µg/m³ des polluants

Admissions hospitalières pour pathologies cardiaques*		
	Tous âges	65 ans et plus
PM ₁₀	1,005 [1,002-1,008]	1,007 [1,004-1,010]

*APHEA 2

EIS à long terme

Pour l'évaluation de l'impact sanitaire à long terme, soit l'impact des PM₁₀ sur la mortalité toutes causes, la fonction exposition-risque est celle de l'étude tri-nationale [7] réalisée en France, Suisse et Autriche (tableau 7).

Tableau 7 - Risque relatif (IC 95 %) de mortalité à long terme pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀, source : étude tri-nationale

Mortalité	PM ₁₀
Toutes causes	1,043 [1,026-1,061]

3.4 | Caractérisation du risque

Cette étape permet de quantifier l'impact sanitaire en calculant un nombre de cas attribuables à un indicateur d'exposition donné pour un indicateur sanitaire donné, sur la période d'étude choisie.

Le nombre d'événements sanitaires attribuables à un niveau de pollution atmosphérique donné est calculé à partir du risque relatif associé au niveau de pollution étudié et du nombre moyen d'événements sanitaires au cours de la période considérée, selon la formule suivante :

$PA = f (RR-1)/(1+f(RR-1))$, avec :

- PA = proportion d'événements sanitaires attribuables au niveau de pollution considéré ;
- RR = risque relatif associé au niveau de pollution ;
- f = fraction de la population exposée.

Dans le cas de la pollution atmosphérique urbaine, toute la population peut être considérée comme étant exposée (en moyenne) au niveau de pollution considéré ($f = 1$) et le nombre d'événements attribuables NA pour la période considérée peut être alors calculé à partir de la formule simplifiée :

$NA = ((RR-1)/RR)*N$, avec :

N = nombre d'événements sanitaires attendu au niveau de pollution de référence.

En pratique, le nombre d'événements sanitaires attribuables à la pollution atmosphérique est calculé pour chacun des indicateurs d'exposition et pour chaque journée de la période d'étude considérée. L'impact sanitaire saisonnier est ensuite obtenu en additionnant les événements sanitaires attribuables pour chaque jour.

Ce calcul s'applique pour chacun des indicateurs d'exposition caractérisant la pollution urbaine. Cependant, les risques relatifs associés à chaque indicateur n'étant pas indépendants, les nombres d'événements attribuables aux indicateurs de pollution ne sont pas cumulables. L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est donc estimé comme étant au minimum égal au plus grand nombre d'événements attribuables à l'un des indicateurs d'exposition étudié.

3.5 | Définition des périodes d'étude

Les données météorologiques étant incomplètes, il s'agissait de prendre une année de mesure avec le moins de valeurs manquantes possibles et n'incluant pas la période de canicule de l'été 2003. Les périodes retenues pour les différents polluants ne sont donc pas forcément les mêmes mais les concentrations variant très peu d'une année sur l'autre, cela ne pose pas de problème pour l'évaluation d'impact sanitaire.

Pour l'ozone, la période retenue est du 5 juin 2002 au 4 juin 2003 (12 valeurs manquantes).

Pour les PM_{10} , la période considérée est du 26 avril 2002 au 25 avril 2003 (2 valeurs manquantes).

Pour le NO_2 , la période sélectionnée est du 6 novembre 2003 au 5 novembre 2004 (21 valeurs manquantes).

Les saisons tropicales sont définies pour l'été du 1^{er} avril au 30 septembre de chaque année et pour l'hiver du 1^{er} octobre au 30 mars.

3.6 | Description de la station de mesure

La station urbaine de Périgueux-Picasso a été mise en service le 26/04/2002. Celle-ci mesure les polluants suivants : NO , NO_2 , O_3 et PM_{10} .

Cette station de fond est implantée sur les hauteurs de la commune de Périgueux, au sein des quartiers résidentiels densément peuplés, et à distance de sources de pollution de proximité.

3.7 | Indicateurs sanitaires

Les données de mortalité de l'année 2001 ont été obtenues auprès du CepiDC de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) par l'intermédiaire de l'InVS (code CIM10 < S00).

Concernant les données de morbidité, celles-ci ont été extraites du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) pour l'année 2002 à partir de la base régionale des résumés de sortie anonymisés (RSA).

Les codes CIM10 (Classification internationale des maladies, 10^e édition) utilisés dans cette étude pour les admissions hospitalières sont :

- J00-J99 : admission pour diagnostic principal ayant une cause respiratoire ;
- I00-I99 : admission pour diagnostic principal ayant une cause cardio-vasculaire ;
- I00-I52 : admission pour diagnostic principal ayant une cause cardiaque.

4 | Résultats

4.1 | Description des indicateurs de pollution

Les objectifs de qualité fixés par la législation en terme de pollution atmosphérique urbaine sont les suivants :

- indicateur O_3 : 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures (décret 2002-213 du 15 février 2002) ;
- indicateur NO_2 : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (décret 2002-213 du 15 février 2002) ;
- indicateur PM_{10} : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (valeur limite pour 2005 recommandée par la Commission européenne).

La description des indicateurs de pollution sur l'agglomération de Périgueux est présentée dans le tableau 8. On peut constater que les concentrations observées sont très proches des valeurs limites fixées par la réglementation. La limite fixée pour l'ozone (110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures) n'est jamais dépassée et la moyenne observée est relativement basse (à titre

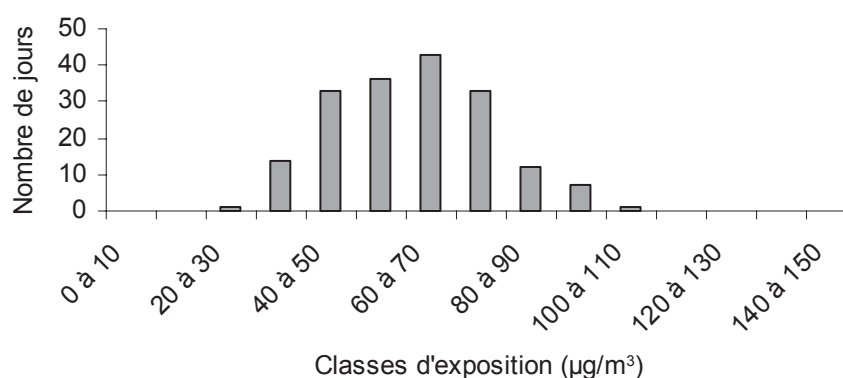
d'exemple, elle est de plus de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Bordeaux *versus* 51,6 ici). Les concentrations en ozone sont plus élevées en été mais restent largement en dessous des valeurs observées dans de grosses agglomérations. Concernant les PM_{10} , la valeur maximale observée, 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, est juste au dessus du seuil à ne pas dépasser (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la moyenne annuelle (16,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est, comme pour l'ozone, relativement basse. De même pour le NO_2 , la valeur maximale observée correspond à la limite à ne pas dépasser fixée par décret, et la moyenne annuelle est largement en dessous de celle observée dans de grandes agglomérations (15,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* 22 à Bordeaux).

La distribution des concentrations des différents indicateurs de pollution est représentée sur les figures 2 à 4 pour une année.

Tableau 8 - Description des indicateurs de pollution, Périgueux

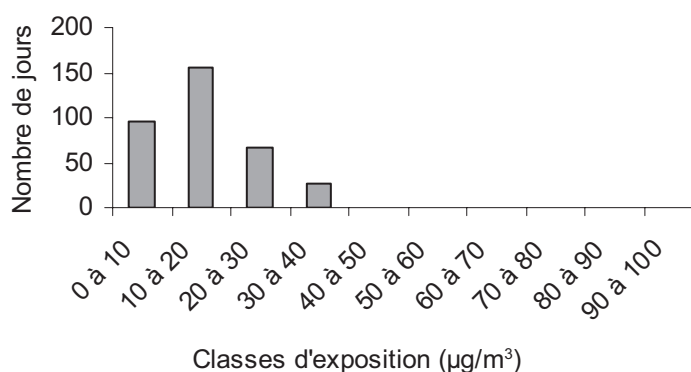
	O ₃ Année	PM ₁₀ Année	NO ₂ Année	O ₃ Été	PM ₁₀ Hiver	PM ₁₀ Été	NO ₂ Hiver	NO ₂ Été
N jours	365	365	366	183	182	183	183	183
Minimum	6	5	2	28	5	6	2	3
Percentile 5	19	9	5	36	9	9	5	5
Percentile 25	37	12	9	48	13	12	10	8
Médiane	52	16	13	61	17	15	14	12
Percentile 75	66	20	21	72	23	19	19	26
Percentile 95	84	29	31	87	29	26	27	33
Maximum	107	41	40	103	41	34	40	38
Moy journalière	51,6	16,9	15,4	60,9	17,9	16,0	14,7	16,2
Écart-type	20,1	6,2	8,3	15,6	6,8	5,3	6,7	9,8
% valeurs manquantes	3	1	6	2	1	0	1	11

Figure 2 - Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃ en été, Périgueux, 2002



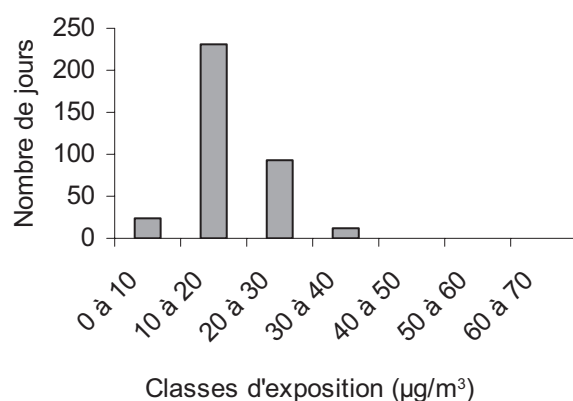
Les niveaux journaliers de l'indicateur d'exposition à l'ozone sont tous inférieurs à la valeur limite (110 µg/m³).

Figure 3 - Distribution par classe de l'indicateur d'exposition NO₂, Périgueux, 2003-2004



L'objectif de qualité pour le NO₂ est respecté sur l'ensemble de la période considérée sauf pour une seule valeur.

Figure 4 - Distribution par classe de l'indicateur d'exposition PM₁₀, Périgueux, 2002-2003



Pour 96 % de la période considérée, les niveaux journaliers de l'indicateur d'exposition aux PM₁₀ sont inférieurs à la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

4.2 | Description des indicateurs sanitaires

L'évaluation concerne la mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles) pour l'année 2001, et la mortalité pour cause respiratoire et cause cardio-vasculaire pour les personnes domiciliées dans la zone d'étude définie.

Le descriptif des indicateurs de mortalité est présenté dans le tableau 9.

Le nombre d'admissions hospitalières des trois établissements de soins appartenant à la zone d'étude est présenté dans le tableau 10.

Tableau 9 - Nombre annuel de décès et moyenne journalière, Périgueux, 2001

Mortalité	Nombre total de décès			Moyenne journalière		
	Été	Hiver	Année	Été	Hiver	Année
Toutes causes	248	274	522	1,36	1,51	1,43
Respiratoire	8	17	25	0,04	0,09	0,07
Cardio-vasculaire	84	103	187	0,46	0,57	0,51

Tableau 10 - Nombre d'admissions hospitalières et moyennes journalières selon le motif de la pathologie, Périgueux, 2002

	Motifs respiratoires		Motifs cardio-vasculaires Tous âges	Motifs cardiaques	
	15-64 ans	≥ 65 ans		Tous âges	≥ 65 ans
Nombre d'admissions					
Année	162	232	1 261	745	574
Été	76	96	556	369	279
Hiver	86	136	705	376	295
Moyenne journalière					
Année	0,44	0,64	3,45	2,04	1,57
Été	0,42	0,53	3,05	2,02	1,53
Hiver	0,47	0,75	3,86	2,06	1,62

4.3 | Caractérisation du risque à court terme

Les résultats suivants sont présentés par leur estimation centrale et l'intervalle de confiance à 95 %.

L'impact sanitaire en termes de mortalité et morbidité attribuables à la pollution a été calculé pour chaque polluant par rapport à une exposition à un niveau très faible, en dessous duquel il serait impossible de descendre même en mettant en place des stratégies très rigoureuses de réduction de la pollution. On obtient ainsi le nombre d'événements sanitaires attribuables à la pollution en comparant le nombre d'événements réellement observés à celui qui serait survenu si les niveaux de pollution avaient été très faibles.

L'impact d'une réduction de la pollution a ensuite été évalué en calculant pour différents scénarios le nombre de décès ou d'admissions hospitalières qui auraient pu être évités.

Estimation de l'impact sanitaire total

Les niveaux choisis pour cette estimation globale correspondent à des niveaux faibles de pollution, se situant au-dessous du percentile 5 (tableau 8). Ce sont

des concentrations en dessous desquelles il serait impossible de descendre même en mettant en place des mesures strictes de réduction de la pollution. Il s'agit de 36 µg/m³ pour l'ozone, de 5 µg/m³ pour le NO₂ et de 9 µg/m³ les PM₁₀. Nous nous sommes intéressés aux niveaux en été pour l'ozone et sur l'année pour les deux autres polluants.

Sur la mortalité anticipée

La mortalité anticipée désigne les décès qui ne seraient pas survenus aussi rapidement en l'absence d'exposition à la pollution atmosphérique. Le nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique pour l'année 2001 est représenté dans le tableau 11.

L'indicateur de pollution NO₂ est celui qui a le plus d'impact en terme de mortalité anticipée.

D'après les résultats obtenus, le nombre total de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique sur l'année 2001 s'élève à 5,3 décès dont 2,3 par mortalité cardio-vasculaire et 0,3 par mortalité respiratoire.

Tableau 11 - Nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique à court terme en fonction de l'indicateur sanitaire, Périgueux, 2001

Indicateurs sanitaires d'exposition		Nombre de cas attribuables
Mortalité toutes causes	O ₃ été	4,31 [1,84-6,17]
	NO ₂ année	5,35 [3,74-6,96]
	PM ₁₀	2,63 [1,75-3,51]
Mortalité respiratoire	O ₃ été	0,22 [0,11-0,35]
	NO ₂ année	0,34 [0,13-0,55]
Mortalité cardio-vasculaire	O ₃ été	2,29 [0,83-3,79]
	NO ₂ année	2,29 [0,95-3,44]

Sur la morbidité hospitalière

Pour les admissions hospitalières pour motifs cardio-vasculaires, le calcul est effectué sur l'ensemble de la population tous âges confondus. Pour les admissions pour motifs respiratoires, le calcul est effectué pour deux tranches d'âge : 15-64 ans et 65 ans et plus. Enfin, pour

les admissions hospitalières pour motifs cardiaques, le calcul est effectué pour l'ensemble de la population et ensuite pour la tranche d'âge 65 ans et plus. Le tableau 12 représente le nombre d'hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée pour la zone d'étude considérée.

Tableau 12 - Nombre d'hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée, Périgueux, 2002

Indicateurs sanitaires d'exposition		Nombre de cas attribuables
Morbidity respiratoire 15-64 ans	O ₃ été	0,64 [-0,32-1,61]
	NO ₂ année	0,20 [-0,30-0,71]
Morbidity respiratoire 65 ans et plus	O ₃ été	1,62 [0,81-2,85]
	NO ₂ année	0,58 [-0,58-1,74]
	PM ₁₀	1,54 [1,03-2,23]
Morbidity cardio-vasculaire	NO ₂ hiver	4,07 [2,44-5,70]
	NO ₂ été	4,54 [2,64-6,45]
Morbidity cardiaque tous âges	PM ₁₀	2,78 [1,11-4,46]
Morbidity cardiaque 65 ans et plus	PM ₁₀	3,00 [1,71-4,28]

L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est de 4,5 admissions pour pathologies cardio-vasculaires tous âges confondus et de 1,6 admissions pour pathologies respiratoires chez les 65 et plus. Le nombre d'hospitalisations attribuables pour motifs respiratoires chez les personnes âgées entre 15 et 64 ans n'est pas significatif.

Par ailleurs, les admissions hospitalières tous âges attribuables à la pollution atmosphérique pour motifs cardiaques sont estimées à 3 admissions. En ce qui concerne les personnes de 65 ans et plus, 3 admissions sont dénombrées.

Impact sanitaire par niveaux de pollution

La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition est illustrée dans les figures 5 et 6 qui suggèrent que l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique n'est pas seulement dû aux épisodes élevés de pollution. En effet, la majorité des décès et des hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique survient suite à des concentrations en polluant relativement basses, souvent même en dessous des seuils de qualité fixés.

Figure 5 - Répartition des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et des décès toutes causes associés en fonction des classes d'exposition, Périgueux, 2001

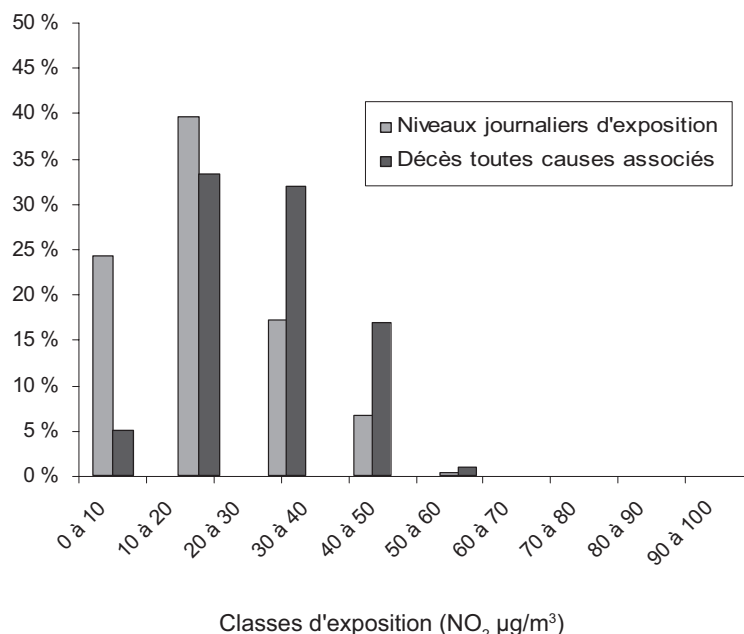
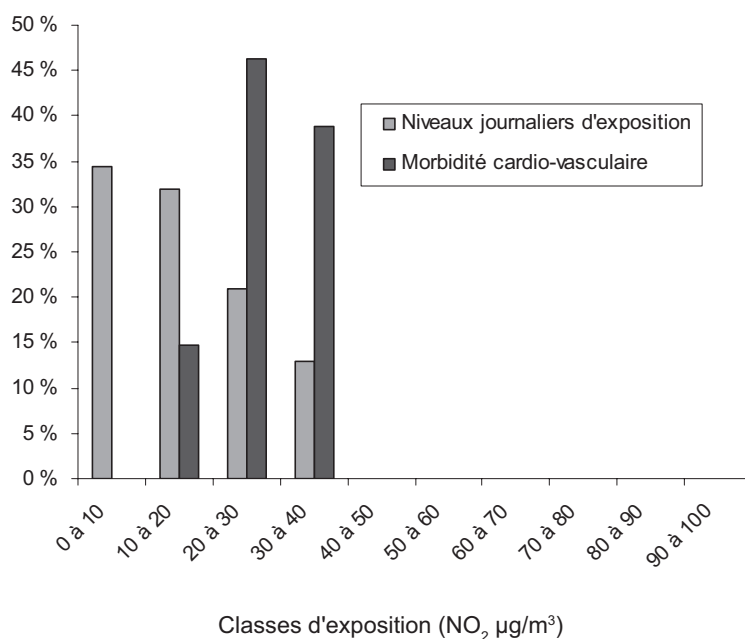


Figure 6 - Répartition des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et des admissions hospitalières pour motifs cardio-vasculaires associées en fonction des classes d'exposition, Périgueux, 2002



Calcul des gains sanitaires liés à une baisse de pollution atmosphérique

Les gains sanitaires sont calculés pour deux scénarios différents :

- le scénario 1 correspond au gain sanitaire potentiellement lié à la diminution des niveaux dépassant les objectifs de qualité pour chaque polluant :
 - indicateur O₃ : 110 µg/m³ sur 8 heures,
 - indicateur NO₂ : 40 µg/m³ en moyenne annuelle,
 - indicateur PM₁₀ : 40 µg/m³ en moyenne annuelle ;
- le scénario 2 correspond au gain sanitaire potentiellement lié à la diminution de 25 % de la moyenne annuelle pour chaque polluant. A Périgueux, cette diminution de 25 % des polluants se traduit par une diminution de 15 µg pour l'ozone en été et de 4 µg pour le NO₂ en hiver et les PM₁₀ sur l'année.

Gain sanitaire pour la mortalité anticipée

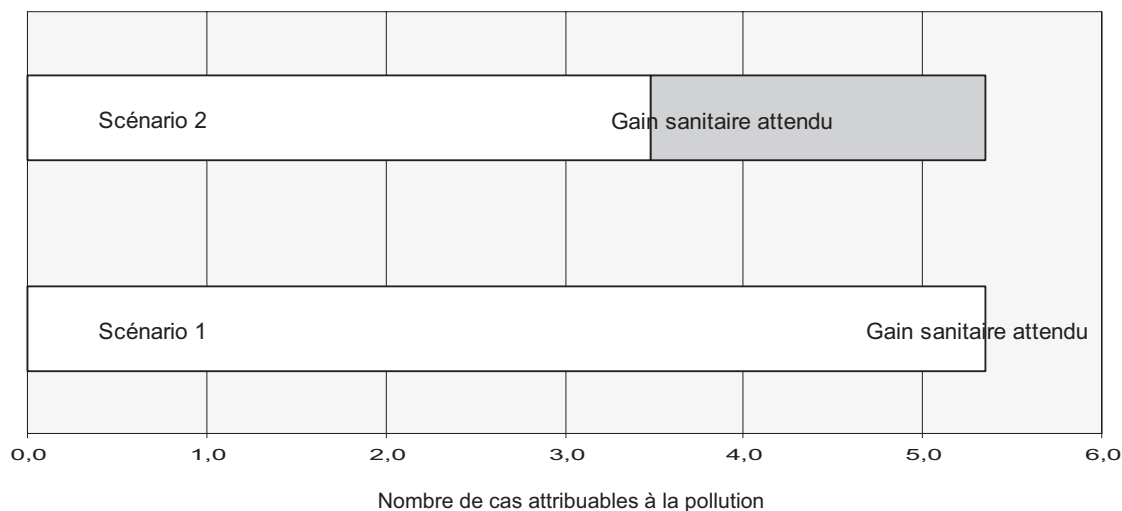
Comme vu précédemment, les objectifs de qualité sont respectés pour la majorité des valeurs des indicateurs de pollution ; le gain sanitaire potentiellement obtenu par le scénario 2 est ainsi toujours supérieur au gain sanitaire du scénario 1 et ce, quel que soit l'indicateur de mortalité.

Le tableau 13 montre que l'application du scénario 2 à la pollution au NO₂ entraîne un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de l'ordre de 35 % avec un nombre de décès évitables égal à 1,87 décès [1,31-2,43] ; le scénario 1 ne représente aucun gain sanitaire puisqu'à Périgueux l'objectif de qualité a été atteint pour le NO₂. Le gain sanitaire attendu correspondant au nombre de cas de décès anticipés potentiellement évitables par la mise en place des différents scénarios peut être représenté sous forme graphique (figure 7).

Tableau 13 - Nombre de décès évitables par une réduction de 25 % des polluants, Périgueux, 2001

Indicateurs sanitaires d'exposition		Nombre de décès évitables
Mortalité toutes causes	Scénario 2	1,87 [1,31-2,43]
Mortalité respiratoire	Scénario 2	0,12 [0,06-0,19]
Mortalité cardio-vasculaire	Scénario 2	1,32 [0,48-2,17]

Figure 7 - Gains sanitaires attendus concernant la mortalité toutes causes, Périgueux, 2001



Gain sanitaire pour la morbidité

Le tableau 14 présente le nombre d'admissions hospitalières potentiellement évitables selon les différents scénarios de réduction de la pollution.

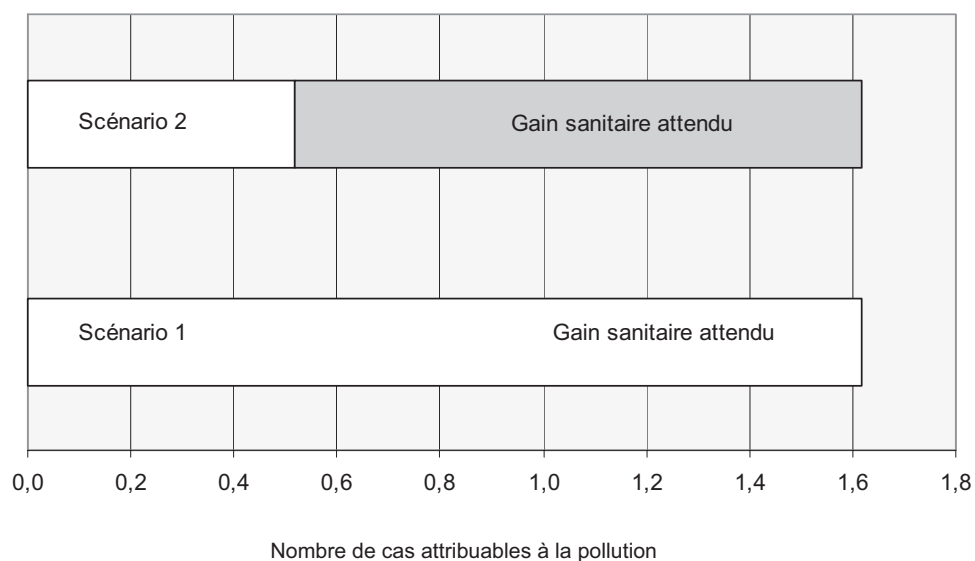
Pour la morbidité cardio-vasculaire, le gain sanitaire concerne la période hivernale pour laquelle nous disposons des relations dose-réponse.

Quel que soit l'indicateur de morbidité, le gain sanitaire obtenu par le scénario 2 est plus important que celui obtenu par le scénario 1, comme l'illustrent les figures 8 à 10.

Tableau 14 - Nombre d'admissions hospitalières potentiellement évitables suivant les différents scénarios, Périgueux, 2002

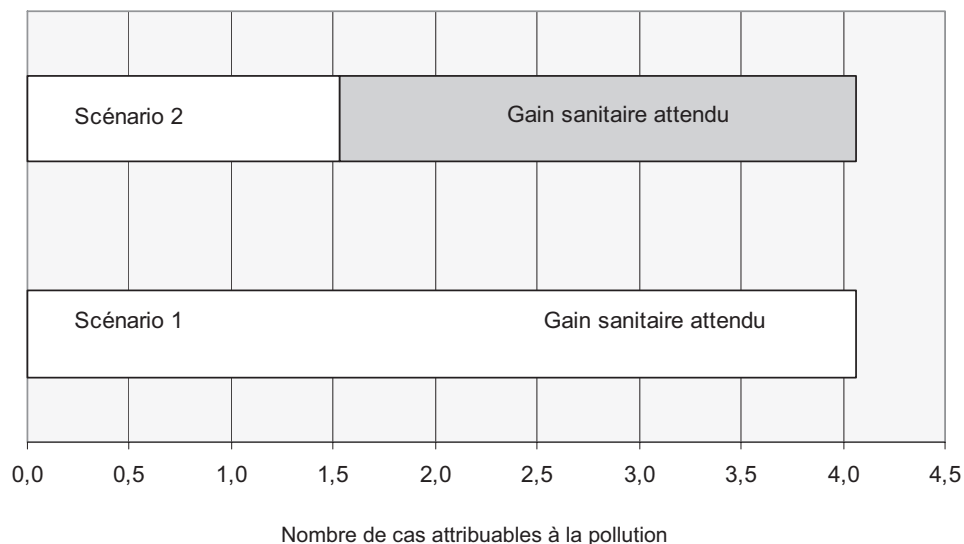
Indicateurs sanitaires d'exposition		Nombre de décès évitables
Morbidité respiratoire 65 ans et plus	Scénario 2	1,10 [0,55-1,93]
Morbidité cardio-vasculaire	Scénario 2	2,54 [1,52-3,55]
Morbidité cardiaque tous âges	Scénario 1	0,05 [0,02-0,09]
	Scénario 2	1,56 [0,62-2,49]
Morbidité cardiaque 65 ans et plus	Scénario 1	0,06 [0,03-0,08]
	Scénario 2	1,67 [0,96-2,39]

Figure 8 - Gains sanitaires attendus concernant la morbidité respiratoire chez les personnes âgées de 65 ans et plus, Périgueux, 2002



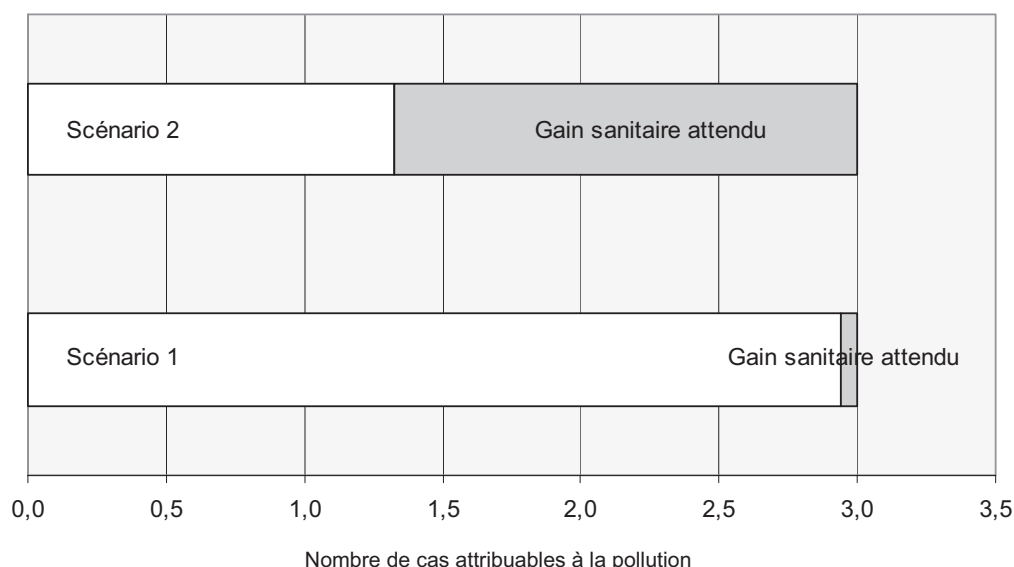
Le gain sanitaire attribuable à une diminution de 25 % du niveau de pollution est de l'ordre de 68 % en terme de morbidité respiratoire chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

Figure 9 - Gains sanitaires attendus concernant la morbidité cardio-vasculaire tous âges, Périgueux, 2002



L'application du scénario 2 permet un gain sanitaire de 62 % pour la morbidité cardio-vasculaire.

Figure 10 - Gains sanitaires attendus concernant la morbidité cardiaque chez les personnes âgées de 65 ans et plus, Périgueux, 2002



Si l'application du scénario 1 n'apporte qu'un gain sanitaire très faible, le gain sanitaire obtenu en appliquant le scénario 2 est de 57 % avec 2 admissions hospitalières

en terme de morbidité cardiaque pour personnes âgées de plus de 65 ans évitables sur les 3 admissions imputables à la pollution atmosphérique.

4.4 | Caractérisation du risque à long terme

Les niveaux de référence choisis pour les différents scénarios de l'EIS à long terme sont les suivants :

- scénario 1 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM_{10} au niveau de $40 \mu g/m^3$ (valeur limite européenne pour la protection pour la santé prévue en 2005) ;
- scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM_{10} au niveau de $20 \mu g/m^3$ (valeur limite européenne pour la protection pour la santé prévue en 2010) ;
- scénario 3 : gain sanitaire lié à la diminution de $5 \mu g/m^3$ de la moyenne annuelle des PM_{10} ;
- scénario 4 : gain sanitaire lié à la diminution de 25 % de la moyenne annuelle des PM_{10} .

Le tableau 15 présente le nombre de décès toutes causes attribuables à la pollution atmosphérique pour les deux scénarios ayant un impact sanitaire à long terme.

Tableau 15 - Nombre de décès toutes causes évitables à long terme

	Nombre de décès évitables (IC 95 %)
Scénario 3	10,81 [6,57-15,27]
Scénario 4	8,86 [5,38-12,50]

Le gain sanitaire pour les scénarios 1 et 2 est nul car la moyenne annuelle égale à $16,9 \mu g/m^3$ pour l'année 2001 ne dépasse pas les normes européennes. Le scénario 3 qui consiste à diminuer la moyenne annuelle de $5 \mu g/m^3$ permettrait un gain sanitaire de 11 décès évitables. Une diminution de 25 % de la moyenne actuelle permettrait un gain sanitaire de 9 décès évitables.

5 | Discussion

5.1 | Limites de la méthode

L'évaluation de l'impact sanitaire sur l'agglomération de Périgueux a été réalisée à partir du guide méthodologique de l'InVS selon une démarche définie en quatre étapes. Afin d'apprécier la validité des résultats, il convient de rappeler les limites inhérentes à chacune de ces étapes qui généralement sous-estiment l'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique.

Identification des dangers

Les dangers pris en compte dans cette EIS concernent les effets sanitaires les mieux documentés dans la littérature et dont les données sont les plus accessibles. Cependant, d'autres effets moins graves, ne donnant pas forcément lieu à une hospitalisation mais touchant une proportion plus importante de la population, n'ont pas été envisagés dans cette EIS et l'impact de la pollution atmosphérique est donc incomplètement documenté.

De plus, la pollution atmosphérique est composée de centaines de polluants qui ne peuvent pas tous être pris en compte ; cependant les trois polluants étudiés ici peuvent être considérés comme des indicateurs du niveau global de pollution dont les effets sur la santé sont à présent bien décrits.

Par ailleurs, le calcul des décès attribuables à la pollution atmosphérique à long terme doit être interprété avec précaution. En effet, il doit être considéré comme une estimation du nombre de personnes qui ont vu leur espérance de vie diminuée d'une certaine durée. Cependant, l'évolution de la structure démographique de la population appartenant à la zone d'étude ainsi que les niveaux de pollution sont source d'incertitudes et l'hypothèse dans ce calcul repose sur le fait que ces critères restent constants sur une longue période.

Relation exposition-risque

Les courbes exposition-risque fondées sur des observations épidémiologiques ont été obtenues à partir d'une zone géographique différente de la zone correspondant à l'agglomération de Périgueux qui peut être soumise à une pollution atmosphérique différente.

En effet, il s'agit d'une agglomération de taille moyenne qui peut être considérée comme semi-urbaine étant donné que la densité de population n'est que de 670 hab/km². La zone d'étude comporte d'ailleurs 53 000 habitants et par conséquent ne constitue pas

une priorité dans le PRQA qui concerne avant tout les agglomérations de plus de 100 000 habitants. L'évaluation de l'impact à long terme, notamment, est basée sur des fonctions exposition-risque établies dans des populations américaines potentiellement différentes des populations étudiées ici en terme de causes de mortalité, d'exposition et de caractéristiques sociodémographiques. À court terme en revanche, l'utilisation des courbes exposition/risque obtenues dans le cadre des études européenne et française APHEA et Psas-9 [3-6] minimise cet inconvénient puisque ces études ont montré la cohérence des relations exposition-risque sur la mortalité et les admissions pour motifs respiratoires quelles que soient les caractéristiques locales. De plus, de nombreuses études dans le monde réalisées dans des zones différentes avec des méthodes variables ont abouti à des résultats similaires ; cette cohérence dans la littérature internationale suggère qu'il est possible d'extrapoler les courbes dose-réponse obtenues dans d'autres agglomérations. À noter cependant que les niveaux de pollution observés à Périgueux sont relativement bas, en tout cas plus faibles que dans des villes plus importantes comme celles participant au Psas-9 dont sont issues certaines fonctions exposition-risque.

Estimation de l'exposition

L'exposition est estimée au niveau de la population et non au niveau individuel. L'hypothèse de base repose, en effet, sur un niveau moyen d'exposition qui est homogène pour l'ensemble de la population d'étude. Par ailleurs, même si on suppose que les individus séjournent toute l'année dans la zone d'étude, il est possible que des déplacements personnels ou professionnels de la population de la zone d'étude conduisent à sur ou sous estimer l'impact sanitaire.

D'autre part, le niveau moyen de la pollution sur l'agglomération de Périgueux est calculé à partir des valeurs enregistrées par une station de mesure ; il est donc dépendant de l'implantation du capteur. Cependant, l'emplacement de la station de mesure a été déterminé selon des critères d'implantation définis par l'Ademe ce qui nous permet de supposer que les niveaux qu'elle mesure sont représentatifs de la pollution urbaine de fond de l'agglomération de Périgueux. De plus, avant l'installation définitive de la station de mesure, une étude

de moyens mobiles a été menée pour vérifier que le choix de l'emplacement était pertinent. Ceci a par ailleurs été confirmé par la suite par d'autres campagnes qui ont montré des concentrations en polluants comparables dans d'autres endroits de l'agglomération [8].

Enfin, le fait que les mesures de polluants et les indicateurs de pollution ne correspondent pas à la même année que les indicateurs sanitaires ne pose pas de problème dans cette étude car la pollution est qualitativement et quantitativement similaire dans l'agglomération de Périgueux entre 2001 et 2004.

Caractérisation du risque

Cette évaluation est basée sur des relations dose-réponse issues d'études concordantes, d'une part, avec les hypothèses biologiques pouvant expliquer les associations entre pollution et santé et, d'autre part, avec les autres études de la littérature ayant montré des associations similaires. Étant donné la fiabilité des courbes dose-réponse utilisées, nous pouvons donc penser que l'impact estimé dans cette étude est un bon reflet de la réalité. En effet, de nombreuses études

épidémiologiques ont montré une relation significative du même ordre de grandeur entre l'exposition à la pollution atmosphérique et les effets sur la santé, avec une relation dose/effet sans seuil. Ces résultats étant cohérents avec les hypothèses biologiques, ceci renforce le lien causal entre l'exposition au facteur de risque et la maladie et le calcul d'un risque de décès ou d'hospitalisation attribuable à la pollution se justifie donc pleinement.

Cependant, quelques erreurs d'estimations peuvent survenir au moment de la caractérisation du risque ; le nombre d'admissions hospitalières notamment peut être sur estimé ou sous-estimé du fait d'erreurs possibles de diagnostic et/ou de codage. Cependant, ce biais est partiellement contrôlé du fait de l'utilisation de catégories de diagnostic très large (mortalité toutes causes, hors accidentelles, cardio-vasculaire et respiratoire, morbidité respiratoire, cardiovasculaire et respiratoire). Toutes les données concernant les admissions hospitalières (urgences) n'ont pas été prises en compte dans le PMSI conduisant ainsi à sous estimer l'impact de la pollution atmosphérique.

5.2 | Interprétation des résultats

Compte tenu des incertitudes inhérentes à la méthode d'évaluation et aux limites présentées ci-dessus, les résultats de cette EIS doivent être interprétés avec précaution. En effet, l'intérêt des chiffres présentés est de donner un ordre de grandeur de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique et non pas un nombre exact d'événements attribuables.

Impact sanitaire à court terme

Pour l'année considérée, l'impact sanitaire à court terme lié à la pollution atmosphérique est estimé à 5 décès anticipés pour l'agglomération de Périgueux.

Le nombre le plus élevé d'hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique concerne la morbidité cardio-vasculaire avec 5 admissions tous âges confondus.

Ces résultats mettent en évidence le fait que la pollution atmosphérique exerce des effets sur la santé d'une population plus à des niveaux modérés de pollution situés en deçà des normes qu'à l'occasion des pics de pollution. Même si les risques relatifs associés à la pollution atmosphérique sont faibles, on peut considérer que l'impact sanitaire collectif est non négligeable dans la mesure où toute la population est exposée.

Les gains sanitaires liés à une réduction de la pollution ont été calculés selon deux scénarios. Le premier scénario concernant la suppression des épisodes de pollution (les valeurs de pollution dépassant les objectifs de qualité sont ramenés au niveau réglementaire) entraîne des gains sanitaires moindres voire nuls comparés à ceux apportés par le second scénario (diminution de 25 % de la pollution de fond). L'application du scénario 2 à la pollution montre ainsi un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de l'ordre de 35 %. De même, le gain sanitaire attribuable à une diminution de 25 % du niveau de pollution est de l'ordre de 68 % en terme de morbidité respiratoire chez les personnes âgées de 65 ans et plus, de 62 % pour la morbidité cardio-vasculaire et de 57 % en terme de morbidité cardiaque pour les personnes âgées de plus de 65 ans. À noter que le scénario 1 ne représente aucun gain sanitaire puisque les objectifs de qualité ne sont pas dépassés à l'exception des admissions hospitalières pour motifs cardiaques pour les personnes âgées de plus de 65 ans où l'application du scénario 1 apporte un gain sanitaire minime.

D'après ces résultats, on constate que la faible fréquence des jours de forte pollution fait jouer un rôle limité en terme d'impact sanitaire si celui-ci repose sur une année entière.

Le gain sanitaire à court terme associé à différents scénarios de réduction des émissions polluantes met donc en évidence que :

- les réductions du niveau annuel moyen de pollution de 25 % permettrait une diminution de 35 % des décès liés à la pollution atmosphérique ;
- les réductions des niveaux de pollution de 25 % seraient accompagnées d'une réduction de 57 à 68 % des effets sanitaires en terme de morbidité hospitalière liée à la pollution atmosphérique.

Ces résultats non négligeables incitent à mettre en place des actions correctives plus efficaces réduisant de façon quotidienne les émissions de polluants pour atteindre ce niveau de pollution. Les actions les plus efficaces seront donc celles qui associeront une réduction des émissions à la source de façon quotidienne à une diminution importante du nombre de pics annuels de pollution. La pollution atmosphérique sur l'agglomération

de Périgueux étant essentiellement due aux transports des biens et des personnes, il s'agirait de réduire les émissions automobiles dans leur ensemble.

Impact sanitaire à long terme

En ce qui concerne l'impact sanitaire à long terme, les normes européennes prévues pour les années 2005 et 2010 sont respectées sur la zone d'étude considérée. Par ailleurs, une diminution de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle des PM_{10} permettrait un gain sanitaire potentiel de 10 décès par an. En réduisant les niveaux moyens de pollution de 25 %, 9 décès pourraient être évités. La moyenne annuelle des niveaux de PM_{10} étant de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le scénario 3 implique ainsi un niveau moyen de pollution de l'ordre de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ apportant des bénéfices sanitaires légèrement supérieurs à une diminution de la moyenne annuelle de 25 % correspondant à 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 décès évités *versus* 9).

6 | Conclusion

L'objectif de cette étude est de pouvoir quantifier au niveau local l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé et ainsi de permettre aux décideurs de fonder leur politique de réduction de la pollution pouvant s'appuyer sur des données chiffrées.

Les résultats montrent que le risque collectif peut être important même pour des niveaux de pollution modérés, situés en dessous des normes réglementaires. Une diminution ponctuelle des polluants lors des épisodes de pollution semble donc insuffisante et un gain sanitaire ne pourra être obtenu qu'à condition de parvenir à une amélioration durable de la qualité de l'air tout au long de l'année. En terme de communication, il est donc important de sensibiliser la population et les industriels sur la nécessité d'agir au quotidien de manière préventive

et non pas uniquement lors des épisodes de pollution. Les scénarios de réduction de la pollution se sont révélés plus ou moins efficaces en terme de gain sanitaire mais celui consistant à diminuer la pollution moyenne de 25 % s'est révélé particulièrement efficace aussi bien sur la mortalité anticipée que sur la morbidité.

Par ailleurs, même si les risques sanitaires au niveau individuel restent faibles, la population est exposée à la pollution atmosphérique et ce, de manière chronique. C'est pourquoi, la pollution atmosphérique doit être considérée comme un réel problème de santé publique, au-delà de l'attention portée sur les épisodes de pollution dépassant les seuils réglementaires perçus comme des situations d'urgence sanitaire.

Références bibliographiques

- [1] Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine – Guide méthodologique, Institut de veille sanitaire–Juillet, 1999
- [2] Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine – Actualisation du guide méthodologique recommandations provisoires pour les évaluations de l'impact sanitaire court terme et long terme, Institut de veille sanitaire–Mars, 2003
- [3] Institut de veille sanitaire. Programme de surveillance air et santé – 9 villes, rapport phase 2. Institut de veille sanitaire–Juin, 2002
- [4] Katsouyanni K *et al.* Confounding and effect modification in the short term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA 2 project. *Epidemiology*, 2001 sep;12(5):521-31.
- [5] Spix C *et al.* Short-term effects of air pollution on hospitals admissions of respiratory disease in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. *Air pollution and health: a European approach. Arch Environ Health*, 199 Jan–Feb 53(1):54-64
- [6] Atkinson RW *et al.* Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Resp Crit Care Med*, 2001 nov 15;164 (10 Pt 1):1860-6
- [7] Künzli N *et al.* Public Health impact of outdoor and traffic related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000;356:795-801
- [8] Mélanie Marchais. Campagne de mesure par moyen mobile à Marsac-sur-l'Isle. Rapport n°ET/MM/24/01 disponible sur le site www.airaq.asso.fr

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique réalisée sur l'agglomération de Périgueux s'inscrit dans le Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA). La zone d'étude retenue, identifiée comme la zone où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être considérée comme homogène, se compose de cinq communes représentant une population totale de 52 948 personnes. Les indicateurs d'exposition retenus sont construits à partir des données de trois polluants : l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules fines (PM_{10}). L'impact sanitaire a été évalué à court terme en estimant le nombre de décès anticipés et d'admissions hospitalières attribuables à la pollution, et à long terme en estimant le nombre de décès annuel attribuables à la pollution.

Le nombre de décès total attribuable à la pollution atmosphérique à court terme est estimé à cinq décès pour l'année 2001. La diminution de 25 % de la moyenne annuelle de l'ozone engendrerait un gain sanitaire de l'ordre de 60 %. Concernant l'impact sanitaire à long terme, la diminution de $5 \mu g/m^3$ de la moyenne annuelle des PM_{10} permettrait d'éviter 10 décès par an. Les analyses ont également porté sur l'impact sanitaire en termes d'hospitalisations pour causes cardio-vasculaires et respiratoires, dont une proportion non négligeable pourrait être évitée grâce à une réduction de la pollution atmosphérique.

Même si les résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu des nombreuses incertitudes et limites de la méthode utilisée, cette étude met en évidence des effets sanitaires de la pollution. Les actions les plus efficaces seraient donc celles qui réduiraient, d'une part, les émissions à la source de façon quotidienne et, d'autre part, le nombre d'épisodes importants de pollution.

A health impact assessment of air pollution based on the InVS guidelines has been conducted in Périgueux according to the regional Plan for the quality of air in the region of Aquitaine. It has been carried out in 5 cities homogeneously exposed, belonging to Périgueux agglomeration, representing a study population of 52,948 inhabitants. Atmospheric pollution indicators analysed are ozone, nitrogen dioxide and particles having diameter below $10 \mu m$. Short-term impact of atmospheric pollution has been estimated in term of mortality (total, cardiovascular and respiratory mortality) and on hospital intakes (for respiratory, cardiovascular and cardiac reasons) attributable to air pollution. Long-term impact was also assessed by the number of deaths due to atmospheric pollution.

In 2001, the atmospheric pollution has directly been responsible in the studied area for 5 anticipated deaths. A decrease by 25% of the pollutants could allow avoiding half of the premature deaths and hospital intakes attributable to air pollution. Concerning long-term effects, a decrease by $5 \mu g/m^3$ of the annual mean of PM_{10} could allow avoiding 10 deaths per year.

These results should be interpreted with care because of the limits of the method. However, they show that air pollution can have an impact even in a small agglomeration like Périgueux, since everyone is exposed to air pollution. They also suggest that a policy of atmospheric pollution reduction only based on not exceeding the standard levels would not have the expected benefits on the public health point of view. To decrease at the source the every day and total pollutants emissions would be more efficient.



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

Cellule interrégionale d'épidémiologie Aquitaine

12, rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex
Tél. : 33(0) 1 41 79 67 00 - Fax : 33(0) 1 41 79 67 67
<http://www.invs.sante.fr>

ISBN : 2-11-096360-3
Tirage : 250 exemplaires
Dépôt légal : Juillet 2006
Réalisation : Labrador
Imprimé par France Repro - Maisons-Alfort