

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine Agglomération d'Agen Impact à court et long terme

Réalisation de l'étude

Cellule interrégionale d'épidémiologie Aquitaine :
Elsa Balleydier, Sophie Larrieu et Laurent Filleul

Ont contribué à cette étude

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

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Lot-et-Garonne :
Alexandre Benard

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

Agence régionale d'hospitalisation :
Christophe Maury

Sigles

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

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 de 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 : polluants particulaires de tailles très variables (diamètre inférieur à 10 µm) 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

En France, la gestion de la qualité de l'air est régie par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 qui reconnaît l'existence d'un impact sanitaire de la pollution atmosphérique et le droit à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Cette loi rend obligatoire la surveillance de la qualité de l'air, la définition d'objectifs de qualité et l'information au public. Au niveau régional, elle prévoit la mise en place de Plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) qui fixent des orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique.

L'élaboration des PRQA nécessite de disposer de données locales sur les effets de la pollution sur la santé de la population. La quantification en terme de nombre d'événements sanitaires attribuables à la pollution peut permettre une meilleure prise de conscience des effets sanitaires de la pollution et servir de base pour justifier la mise en place d'une politique de réduction de la pollution atmosphérique. Cette quantification peut être obtenue grâce à une démarche d'évaluation d'impact sanitaire (EIS) dont le principe est d'appliquer des données issues d'études épidémiologiques à une situation locale. Ainsi cette démarche d'évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique a été initiée dans le cadre du PRQA en Aquitaine par la Drass, les Ddass et la Cire afin de quantifier l'impact sanitaire de la pollution dans les principales agglomérations de la région disposant d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air : Agen, Bayonne, Bordeaux, Pau et Périgueux.

Ce rapport décrit l'EIS réalisée sur l'agglomération d'Agen selon la démarche méthodologique d'évaluation d'impact sanitaire décrite par l'Institut de veille sanitaire (InVS) [1,2], qui permet d'estimer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en terme de morbidité (par le biais des admissions hospitalières) et de mortalité anticipée.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact sanitaire à court et long terme de la pollution atmosphérique dans l'agglomération d'Agen. Plus spécifiquement, les objectifs sont les suivants :

- estimer l'impact sanitaire à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité toutes causes, respiratoire et cardio-vasculaire et sur les admissions hospitalières pour motifs respiratoires, cardio-vasculaires et cardiaques ;
- estimer l'impact sanitaire à long terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité toutes causes ;
- comparer l'efficacité en terme de gain sanitaire pour la population de différents scénarios de réduction de la pollution à court et long terme.

Cette évaluation permettra donc de juger de l'importance des effets de la pollution atmosphérique au niveau local. À terme, elle pourra servir d'outil de travail pour orienter les décisions visant à améliorer la qualité de l'air en Aquitaine.

2 | Description de la zone d'étude

Le Lot-et-Garonne est un département de 5 864 km² de la région Aquitaine, délimité par les départements de la Gironde et des Landes à l'ouest, de la Dordogne au nord, du Lot et du Tarn à l'est et du Gers au sud. C'est un pays de plaine et de faible relief avec un point culminant à 270 mètres.

Agen en est le chef-lieu et constitue le pôle économique de ce département essentiellement rural. Sa prospérité repose majoritairement sur le commerce et la redistribution de produits agricoles, les industries de transformation agro-alimentaires représentant une activité complémentaire non négligeable dans l'économie de la région agenaise.

2.1 | Choix de la zone d'étude

L'unité urbaine d'Agen définie par l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques) comprend 14 communes (Agen, Brax, Boé, Bon-Encontre, Castelculier, Colayrac-Saint-Cirq, Estillac, Foulayronnes, Lafox, Le Passage, Pont-du-Casse, Roquefort, Saint-Hilaire-de-Lusignan, Saint-Pierre-de-Clairac), qui représentaient 69 488 habitants au dernier recensement de 1999 pour une superficie de 205 km², soit une densité de 339 habitants par km².

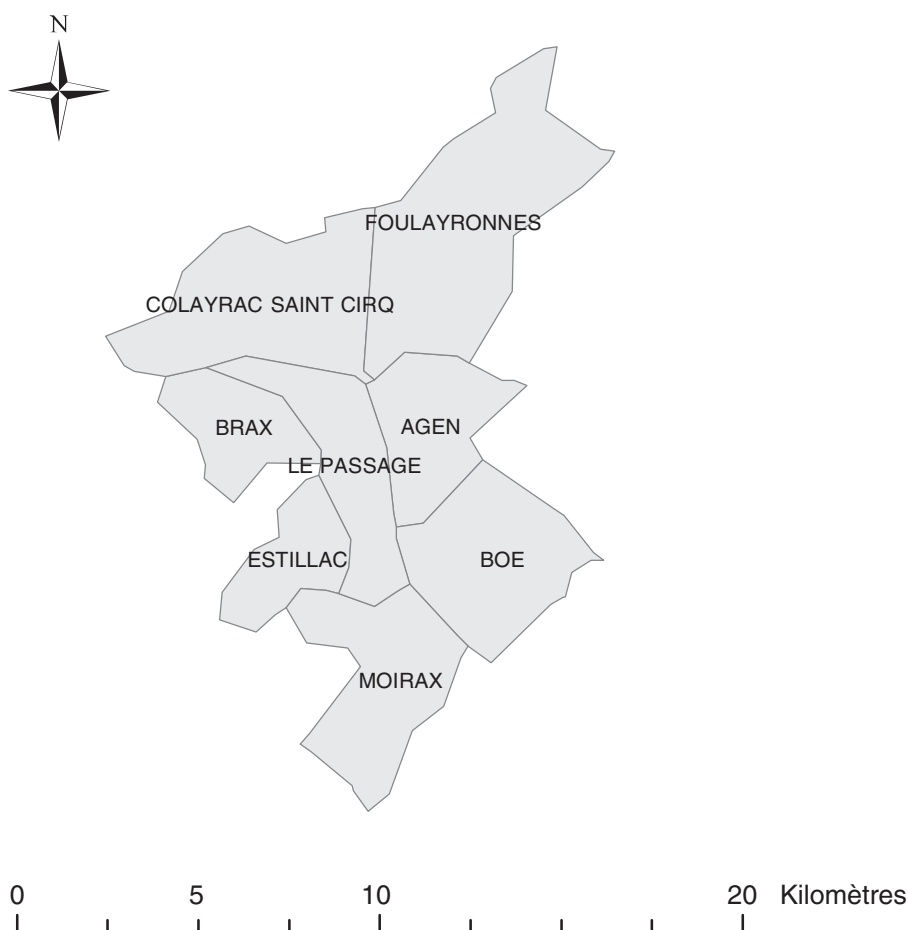
La sélection de la zone d'étude repose sur l'identification d'une zone urbaine sans rupture d'urbanisation, où l'exposition de cette population à la pollution atmosphérique peut être considérée comme homogène. Depuis le premier septembre 2002, l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine (Airaq) fournit les valeurs moyennes journalières des différents polluants mesurés (poussières, ozone et dioxyde d'azote) à partir de

la seule station de mesure fixe du département : la station de fond d'Agen-Armandi située à proximité du stade Armandi, rue Ferdinand David.

Selon 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 est un rayon de 1 à 5 km. En accord avec l'association Airaq, la zone d'étude a donc été réduite aux huit communes les plus homogènes en terme d'émission de polluants de l'unité urbaine d'Agen et en terme d'urbanisation, c'est-à-dire : Agen, Brax, Boé, Bon-Encontre, Colayrac-Saint-Cirq, Estillac, Foulayronnes et Le Passage, soit une superficie totale de 128,4 km².

Cette zone du département du Lot-et-Garonne en région Aquitaine, dénommée par la suite Agen est présentée figure 1.

Figure 1 - Zone d'étude d'Agen, département du Lot-et-Garonne



Source : Géoflat

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.

2.2 | Population et établissements de soins

Densité de population

La zone d'étude représentait, lors du dernier recensement Insee de 1999, une population de 59 516 habitants soit une densité moyenne de 563 habitants par km². Le tableau 1 présente des données démographiques, de superficie et

de densité de population des communes définies dans la zone d'étude.

Le tableau 2 montre la répartition par tranches d'âge de la population de la zone d'étude.

Tableau 1 - Répartition de la population sur la zone d'étude, recensement Insee 1999

Commune	Population 1999	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
Agen	30 199	11,4	2 628
Brax	1 623	8,8	184
Boé	4 504	16,5	273
Bon-Encontre	5 758	20,5	280
Colayrac-Saint-Cirq	2 717	21,3	127
Estillac	1 307	7,9	165
Foulayronnes	4 597	28,8	159
Le Passage	8 811	12,8	684
Moirax	999	16,2	62
Total	60 515	144,6	507

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

Commune	Population 0-14 ans	Population 15-64 ans	Population ≥ 65 ans
Agen	4 435	19 319	6 445
Brax	334	1 066	223
Boé	871	2 845	788
Bon-Encontre	1 090	3 659	1 009
Colayrac-Saint-Cirq	475	1 737	505
Estillac	225	901	181
Foulayronnes	873	2 607	1 117
Le Passage	1 475	5 417	1 919
Moirax	191	685	123
Total	9 969	38 236	12 310

Les établissements de soins

Quatre établissements de soins situés dans la zone d'étude et susceptibles de prendre en charge les pathologies retenues pour cette étude (pathologies respiratoires,

cardiaques et cardio-vasculaires) ont été sélectionnés : le centre hospitalier d'Agen et les cliniques Calabet, Esquirol et Saint-Hilaire.

2.3 | Sources de pollution

La principale source de pollution atmosphérique dans l'agglomération urbaine d'Agen est liée au trafic routier, qui libère du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules ou poussières en suspension.

Les principales industries polluantes de l'agglomération (chimie, pétrochimie organique, et traitement des déchets urbains dont une classée Seveso seuil haut) émettent en plus principalement du dioxyde de soufre (SO₂), et des composés volatils non méthaniques (CONVM).

3 | Matériel et méthodes

3.1 | Méthodologie de l'EIS

Cette étude repose sur les principes méthodologiques de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine proposée par l'InVS [1,2] et se décompose en quatre étapes : identification des dangers, estimation de l'exposition, choix des relations exposition-risque et caractérisation du risque.

Identification des dangers

Cette étape permet d'identifier les dangers liés à un polluant à partir de données toxicologiques et épidémiologiques. Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé des populations urbaines ont été observés sur la mortalité (mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire) et la morbidité (évaluée à partir des admissions dans un service de soins pour motifs respiratoire, cardiaque et cardio-vasculaire).

Estimation de l'exposition

Cette deuxième étape a pour objectif de quantifier l'exposition à laquelle est soumise la population à partir du traitement et de l'analyse des données de pollution sur une année minimum et collectées en routine par le réseau local de mesure de la qualité de l'air.

À partir de ces données, un indicateur journalier d'exposition a été construit pour les particules de diamètres inférieurs à 10 microns (PM₁₀) et l'ozone (O₃), les deux seuls polluants pour lesquels les données étaient disponibles pour une année complète à Agen. Ces deux indicateurs de pollution serviront à évaluer l'impact sanitaire à court et long terme de la pollution atmosphérique de cette ville.

Choix des relations exposition-risque

Dans son guide méthodologique, l'InVS a retenu des relations exposition/risque issues d'études épidémiologiques

multicentriques et européennes réalisées en population générale s'intéressant directement aux liens existant entre la pollution de l'air et la santé de l'homme.

EIS à court terme

L'impact sanitaire à court terme correspond aux effets sur la santé de la pollution dans un délai de 0 à 1 jour suivant l'exposition. En Europe, il a été étudié essentiellement dans le cadre des programmes Psas-9 [3] et APHEA [4-6] qui ont fourni des RR applicables aux différentes agglomérations françaises. Les RR de mortalité associés à une exposition à l'O₃ sont issus du Psas-9 et sont disponibles pour la mortalité toutes causes, cardio-vasculaire et respiratoire. En revanche, pour les PM₁₀, seul le programme APHEA 2 a produit des RR applicables en Europe, uniquement pour la mortalité toutes causes. Concernant les admissions hospitalières, les RR fournis par le Psas-9 comportent encore de nombreuses incertitudes et ceux du programme APHEA semblent donc plus adaptés pour les pathologies respiratoires et cardiaques.

Le tableau 3 indique les risques relatifs à court terme concernant la mortalité et les admissions hospitalières pour une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de pollution.

Ils correspondent au risque encouru par une population pour une augmentation de 10 µg/m³ des niveaux de pollution. Ainsi, pour la mortalité toutes causes non accidentelles par exemple, le risque relatif de 1,006 associé à une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de pollution se traduit par une augmentation de 0,6 % du risque de décéder.

Tableau 3 - Risques relatifs de mortalité (respiratoires, cardio-vasculaires et toutes causes) et d'admissions hospitalières (pour motifs respiratoires et cardiaques) estimés pour une exposition à 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ des indicateurs de pollution

	PM ₁₀		O ₃	
	RR	IC 95 %	RR	IC 95 %
Mortalité				
Respiratoire			1,012 ²	[1,006 - 1,019]
Cardio-vasculaire			1,011 ²	[1,004 - 1,018]
Toutes causes	1,006 ¹	[1,004 - 1,008]	1,007 ²	[1,003 - 1,010]
Admissions hospitalières				
Pathologies respiratoires				
15-64 ans			1,004 ³	[0,998 - 1,010]
≥ 65 ans	1,009 ¹	[1,006 - 1,013]	1,008 ³	[1,004 - 1,014]
Pathologies cardiaques				
Tous âges	1,005 ¹	[1,002 - 1,008]		
≥ 65 ans	1,007 ¹	[1,004 - 1,010]		

¹ Source : APHEA 2.

² Source : Psas-9.

³ Source : APHEA 1.

EIS à long terme

Pour l'EIS à long terme, les seules relations exposition-risque fiables dont nous disposons concernent les particules. Le guide de l'InVS préconise ainsi l'utilisation des RR issus de l'étude trinationale [7] qui a mesuré l'impact des PM₁₀ sur la mortalité toutes causes dans trois pays européens : la France, l'Autriche et la Suisse. Pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀, le RR de mortalité anticipée estimé dans cette étude était de 1,043 (IC 95 % = [1,026-1,061]).

Caractérisation du risque

Cette étape permet de quantifier l'impact sanitaire en calculant un nombre d'événements (décès ou admissions hospitalières) attribuables à un polluant donné sur la période d'étude choisie. Elle consiste à appliquer les RR présentés ci-dessus aux données locales de pollution, de mortalité et de morbidité collectées spécifiquement pour chaque ville. Elle nécessite tout d'abord le recueil d'indicateurs sanitaires pour connaître la mortalité et la morbidité puis l'application des RR à ces données pour estimer l'impact sanitaire de la pollution dans la zone d'étude.

Dans la démarche d'évaluation de risque, le nombre d'événements sanitaires attribuables à une exposition donnée est calculé à partir du risque relatif associé à l'exposition et du nombre moyen d'événements sanitaires

survenus au cours de la période considérée selon la formule suivante :

$$PA = f(RR-1)/(1+f(RR-1)), \text{ avec :}$$

- PA = proportion d'événements sanitaires attribuables à l'exposition ;
- RR = risque relatif associé à l'exposition ;
- f = fraction de la population exposée (prévalence de l'exposition).

Or, dans le cas de la pollution atmosphérique :

- f = 1 car toute la population est exposée au niveau de pollution retenu ;
- RR = RR Δ : excès de risque associé à un différentiel de pollution $\Delta = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, donné par la relation exposition-risque associée au polluant et à l'indicateur sanitaire étudié.

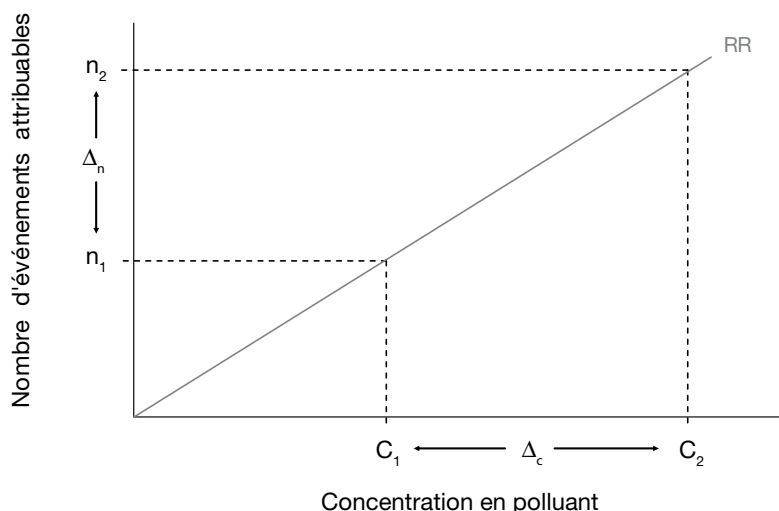
Le nombre d'événements attribuables NA est donc calculé pour un différentiel de pollution Δ selon la formule simplifiée suivante :

$$NA = ((RR\Delta-1)/RR\Delta)*N, \text{ avec :}$$

- N = nombre d'événements sanitaires sur la période considérée.

Le principe de la démarche d'EIS est représenté dans la figure suivante.

Figure 2 - Principe du calcul d'EIS de la pollution



Le RR provient d'une étude épidémiologique dont les résultats sont considérés comme pouvant être extrapolés dans d'autres villes françaises. Il permet de connaître pour chaque concentration en polluants C_i le nombre de cas n_i attribuables à la pollution ; ainsi on peut également déterminer une augmentation du nombre d'événements Δ_n attribuable à une variation des concentrations Δ_c .

Pour estimer l'impact global de la pollution atmosphérique, on fixe C_1 à une valeur très basse en dessous de laquelle il serait impossible de descendre même en mettant en place des mesures très strictes concernant la pollution atmosphérique, et C_2 prend la valeur des concentrations journalières mesurées. En projetant ces valeurs journalières sur la courbe dose-réponse, on obtient ainsi :

- n_1 qui est le nombre de décès attribuables à la concentration en polluant C_1 ;
- n_2 qui est le nombre de décès attribuables à la concentration en polluant C_2 ;
- Δ_n qui est le nombre de décès attribuables au différentiel de pollution Δ_c .

Pour chaque jour, on obtient ainsi un nombre de cas attribuables, ces cas étant ensuite additionnés pour obtenir le nombre annuel.

Pour estimer le gain sanitaire pouvant être obtenu par une réduction de la pollution, le principe est le même. C_2 prend la valeur des concentrations journalières mesurées et on fixe C_1 ou Δ_c en fonction du scénario que l'on veut tester. On obtient ainsi les gains quotidiens pouvant être obtenus en abaissant les concentrations à une certaine valeur ou à un certain pourcentage des concentrations mesurées, que l'on additionne ensuite pour obtenir le gain sanitaire annuel.

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 sur l'année et éventuellement saisonnier peut également être obtenu en additionnant les événements sanitaires attribuables pour chaque jour.

Ce calcul est réalisé pour chacun des polluants étudiés ; cependant, les risques relatifs associés à chaque polluant n'étant pas indépendants, les nombres d'événements attribuables à ces différents polluants ne sont donc pas cumulables. L'impact sanitaire est donc estimé comme étant au minimum égal au nombre d'événements attribuables au polluant ayant l'impact le plus fort.

En pratique, cette étape de caractérisation du risque a été réalisée sous Excel grâce à une feuille de calcul développée par l'InVS nommée Epi-expo. Cette application permet de réaliser de manière automatisée et standardisée une EIS pour différents indicateurs de pollution atmosphérique, différents indicateurs sanitaires et selon différents scénarios.

Dans un premier temps, nous avons déterminé le nombre total d'événements attribuables à la pollution au cours d'une année, à court et long terme. Pour cela nous avons comparé le nombre d'événements survenus réellement au nombre qui seraient survenus si les niveaux de pollution avaient été très faibles, à savoir $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l' O_3 et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le NO_2 et les PM_{10} . Il s'agit de niveaux fictifs en dessous desquels il serait impossible de descendre même en mettant en place des mesures drastiques de réduction de la pollution.

Dans un second temps, nous avons utilisé différents scénarios afin de quantifier l'impact que pourraient avoir différentes stratégies de réduction de la pollution.

Nous avons notamment pu comparer l'impact d'une suppression ponctuelle des épisodes importants de pollution à celui d'une diminution des niveaux ambiants de pollution atmosphérique observés tout au long de l'année.

Pour l'EIS à court terme, les gains sanitaires liés aux scénarios suivants ont été retenus :

- scénario 1 : respect des objectifs de qualité pour la santé fixés par le décret du 15 février 2002 ;
- scénario 2 : diminution de 25 % de la moyenne annuelle pour chaque polluant.

Pour l'EIS à long terme, quatre scénarios de réduction ont été testés :

- scénario 1 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 40 µg/m³,

valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2005 ;

- scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 20 µg/m³, valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2010 ;
- scénario 3 : diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle des PM₁₀ ;
- scénario 4 : diminution de 33 % de la moyenne annuelle des PM₁₀.

Ces quatre scénarios ne concernent que les PM₁₀ car les RR à long terme ne sont disponibles que pour ce polluant.

3.2 | Définition des périodes d'études

Les données météorologiques étant incomplètes, il s'agissait de sélectionner une période d'étude comportant le moins de valeurs manquantes possible.

Pour les PM₁₀, cette période d'étude allait du 14 août 2002 au 13 août 2003 (avec 13 valeurs manquantes). Les valeurs mesurées sur la période du 1^{er} au 13 août 2003 ont été remplacées par des valeurs manquantes car la situation climatique et atmosphérique à cette période (pollution et

canicule exceptionnelles) n'était pas représentative d'une situation courante et habituelle.

Pour l'ozone (O₃) la période d'étude allait du 1^{er} octobre 2003 au 30 septembre 2004 (avec 13 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.

3.3 | Construction des indicateurs d'exposition

L'indicateur pour chaque polluant est construit en calculant la moyenne arithmétique des données journalières du capteur de la station considérée comme représentative de la population exposée à la pollution, c'est à dire la station fixe d'Agen-Armandi.

Pour chacun des polluants suivants, des mesures régulières sont effectuées automatiquement et en continu par les capteurs en place.

Tableau 4 - Méthodes de mesures des différents polluants. Source : Airaq

Polluant	Méthode de mesure	Date de mise en service
PM ₁₀	Microbalance	14/08/2002
O ₃	Absorption UV	14/08/2002
NO ₂	Chimiluminescence	01/09/2003 et > 40 % de valeurs manquantes ¹

¹ Liées à des pannes ponctuelles de l'analyseur et à des arrêts de mesures pour maintenance.

Le NO₂ dans le cas d'Agen ne peut pas être inclus comme indicateur d'exposition car il manque plus de 15 % des données sur un an, ce qui ne permet pas d'obtenir une

moyenne représentative de la situation réelle de ce polluant sur la zone, et donc d'évaluer un impact sanitaire.

3.4 | Indicateurs sanitaires

Pour les données sanitaires, la période retenue devait être d'une année et nous avons donc choisi l'année la plus récente disponible : 2001 pour la mortalité et 2002 pour les admissions hospitalières. Ces deux paramètres variant très peu d'une année sur l'autre, ainsi que les indicateurs de pollution atmosphérique, le fait de prendre des années différentes ne pose pas de problème pour l'évaluation d'impact sanitaire.

Les données de mortalité ont été obtenues auprès du CepiDC de l'Inserm par l'intermédiaire de l'InVS.

Les données de morbidité pour l'année 2002 sont issues d'une base de données régionale, élaborée à partir des informations transmises par les établissements de soins, dans le cadre du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI). Ce fichier recense la totalité des hospitalisations dans un établissement sur une période

donnée. Pour chaque séjour sont également enregistrés le diagnostic principal l'ayant motivé, ainsi que le code postal de la commune de résidence du patient. Nous avons donc ainsi pu extraire le nombre d'admissions hospitalières pour causes respiratoires et cardiaques survenues pour les personnes domiciliées dans notre zone d'étude pendant la période choisie.

Les codes CIM 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

Tableau 5 - Distribution des indicateurs d'exposition, Agen

	O ₃ (max 8h) ¹	PM ₁₀ (moyenne journalière) ²		
	Été	Été	Hiver	Année
Nombre de jours	170	170	182	352
Minimum	18	5	6	5
Percentile 5	39	11	9	10
Percentile 25	54	14	15	14
Médiane	66	18	19	18
Percentile 75	75	23	24	23
Percentile 95	88	31	34	32
Maximum	101	42	49	49
Moyenne journalière	65	19	20	20
Écart-type	15	7	8	7
% valeurs manquantes	7,6	7,1	0,0	3,5

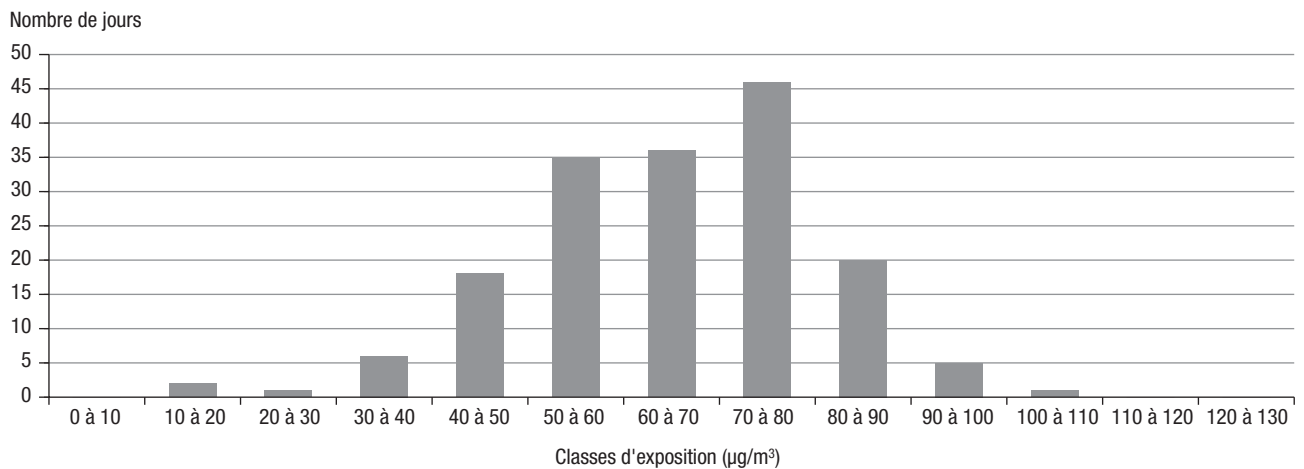
¹ Mesures du 1^{er} octobre 2003 au 30 septembre 2004.

² Mesures du 14 août 2002 au 13 août 2003.

Afin de comparer les concentrations observées aux normes fixées par la législation, nous avons décrit la répartition des valeurs journalières afin de savoir si les objectifs de qualité fixés par décret (décret 2002-213 du 15 février 2002),

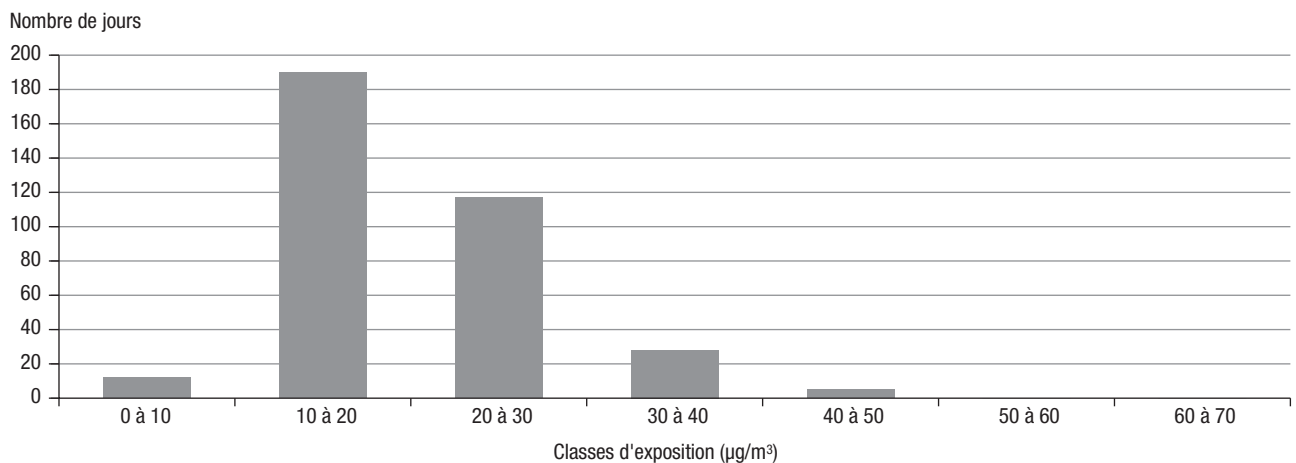
à savoir 110 µg/m³ pour l'O₃ et 40 µg/m³ pour les PM₁₀, étaient fréquemment dépassés. Les distributions des valeurs observées sont ainsi représentées sur les figures 3 et 4 pour une année.

Figure 3 - Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃, Agen, 2003-2004



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

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



L'objectif de qualité pour les PM₁₀ (40 µg/m³) n'a pas été respecté sur 4 jours, soit moins de 1 % de la période d'étude.

4.2 | Description des indicateurs sanitaires

Mortalité

Le nombre total de décès toutes causes en 2001 était de 550 sur la zone d'étude, avec environ un tiers des décès

par cause cardio-vasculaire, comme le montre le tableau 6. Quelle que soit la cause du décès, le nombre moyen journalier était plus élevé en hiver qu'en été.

Tableau 6 - Nombre annuel de décès et moyennes journalières arrondies, Agen, 2001

Mortalité	Nombre total de décès			Moyenne journalière		
	Été	Hiver	Année	Été	Hiver	Année
Toutes causes	247	303	550	1,35	1,65	1,50
Respiratoire	14	24	38	0,08	0,13	0,10
Cardio-vasculaire	87	94	181	0,48	0,51	0,49

Morbidité

Le nombre total d'admissions hospitalières pour causes cardio-vasculaires était de 2 205, dont 1 297 pour causes cardiaques (tableau 7). Le nombre d'admissions pour

motifs respiratoires s'élevait à 1 273 chez les 15 ans et plus. De même que pour la mortalité, la moyenne journalière du nombre d'admissions hospitalières était plus élevée en hiver qu'en été quel que soit le motif.

Tableau 7 - Nombre d'admissions hospitalières selon le motif de la pathologie et l'âge, Agen, 2002

Motif d'hospitalisation		Nombre total d'admissions			Moyenne journalière		
		Été	Hiver	Année	Été	Hiver	Année
Respiratoire	15-64 ans	147	193	340	0,81	1,06	0,93
	≥ 65 ans	379	544	933	2,08	2,98	2,56
Cardio-vasculaire	Tous âges	968	1 237	2 205	5,30	6,78	6,04
Cardiaque	Tous âges	591	706	1 297	3,24	3,87	3,55
	≥ 65 ans	471	512	983	2,58	2,81	2,69

4.3 | Caractérisation du risque à court terme

Pour chaque indicateur de pollution atmosphérique, l'impact sanitaire est calculé par rapport à une exposition à un niveau faible de pollution. Les résultats présentés ci-après indiquent le nombre de cas attribuables le plus élevé pour chaque indicateur sanitaire.

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

Estimation de l'impact sanitaire total

Les niveaux de référence choisis pour cette estimation globale correspondent à des niveaux faibles de pollution,

correspondant au percentile 5 (tableau 5). Il s'agit de 39 µg/m³ pour l'ozone et de 10 µg/m³ pour les PM₁₀.

Sur la mortalité anticipée

Le nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique pour l'année 2001 est représenté dans le tableau 8. L'indicateur de pollution de l'ozone est celui qui a le plus d'impact en terme de mortalité anticipée.

Ainsi, pour la zone d'étude Agen, le nombre total de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique sur l'année 2001 s'élève à quatre dont deux décès par mortalité cardio-vasculaire.

Tableau 8 - Nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de l'indicateur sanitaire, Agen, 2001

Indicateur sanitaire	Polluant ayant le plus d'effet	Nombre de décès attribuables
Mortalité toutes causes	O ₃ été	4,2 [1,8 - 6,0]
Mortalité respiratoire	O ₃ été	0,4 [0,2 - 0,7]
Mortalité cardio-vasculaire	O ₃ été	2,3 [0,8 - 3,9]

Sur la morbidité hospitalière

Pour les admissions pour motifs respiratoires, le calcul est effectué pour deux tranches d'âge : 15-64 ans et 65 et plus.

Pour les admissions hospitalières pour motif cardiaque, le calcul est effectué pour l'ensemble de la population et ensuite pour la tranche d'âge 65 ans et plus.

Tableau 9 - Nombre d'hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée, Agen, 2002

Indicateur sanitaire	Polluant ayant le plus d'effet	Nombre de cas attribuables
Morbidité respiratoire		
15-64 ans	O ₃ été	1,4 [-0,7 - 3,6]
65 ans et plus	PM ₁₀	8,1 [5,4 - 11,8]
Morbidité cardiaque		
Tous âges	PM ₁₀	6,3 [2,5 - 10,1]
65 ans et plus	PM ₁₀	6,7 [3,8 - 9,5]

Pour l'année 2002, l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est de huit admissions pour pathologies respiratoires chez les 65 ans et plus et une chez les personnes âgées de 15 à 64 ans.

Les admissions hospitalières pour motif cardiaque attribuables à la pollution atmosphérique sont au nombre de six, de même que pour les personnes de 65 ans et plus (le chiffre légèrement plus élevé dans cette tranche d'âge

s'expliquant par le fait que le risque relatif correspondant est plus important).

Impact sanitaire par niveaux de pollution

La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition peut être représentée sous forme graphique (figures 5 et 6).

Figure 5 - Répartition en pourcentages des niveaux d'exposition journaliers à l'ozone et des décès toutes causes confondues en fonction des classes d'exposition, Agen, 2001

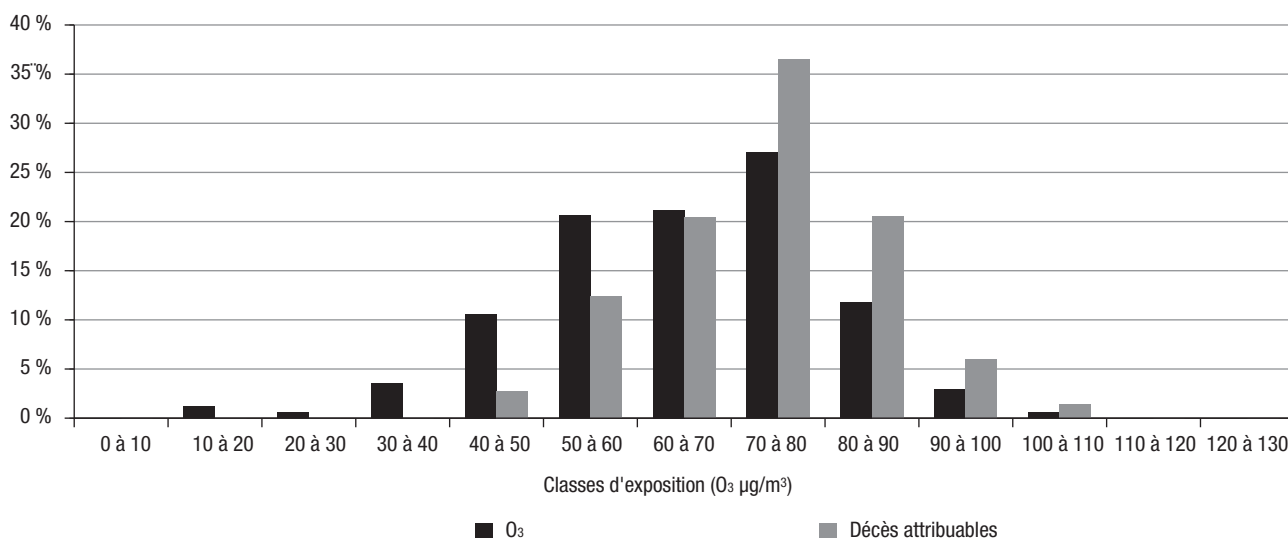
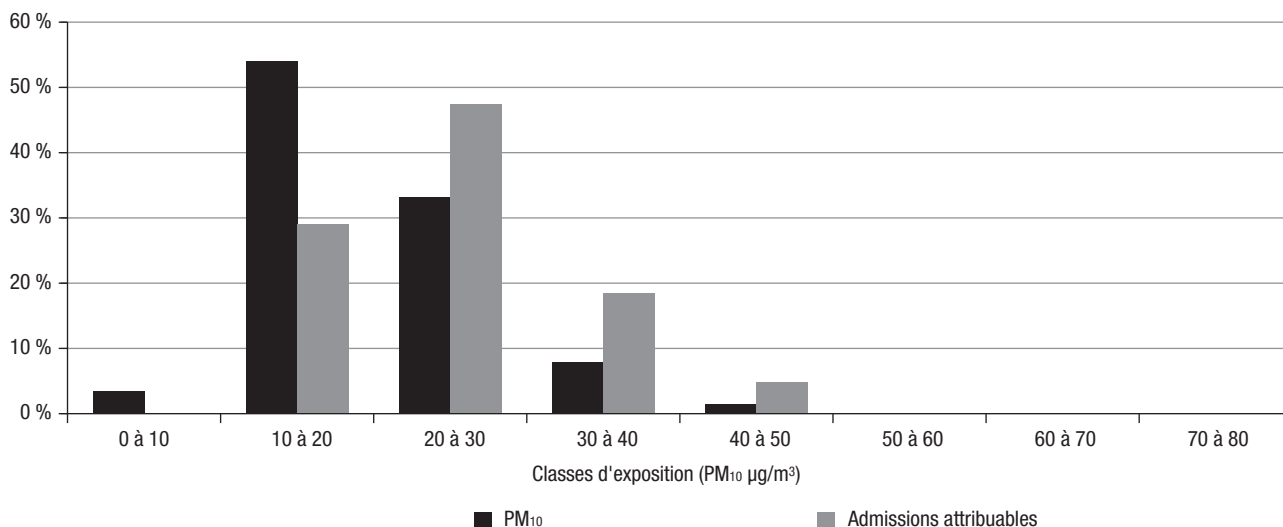


Figure 6 - Répartition en pourcentages des niveaux d'exposition journaliers au PM₁₀ et des admissions hospitalières pour motifs respiratoires pour les plus de 65 ans associées en fonction des classes d'exposition, Agen, 2002



Calcul des gains sanitaires liés à une baisse de pollution atmosphérique

Gain sanitaire pour la mortalité anticipée (O₃)

Nous avons vu que le polluant ayant le plus d'impact sur la mortalité à court terme était l'ozone.

Le scénario 1 recommandé dans le guide méthodologique consiste à ramener les concentrations en polluant au niveau des objectifs de qualité fixés par la réglementation (110 µg/m³ en moyenne sur 8 heures pour l'ozone).

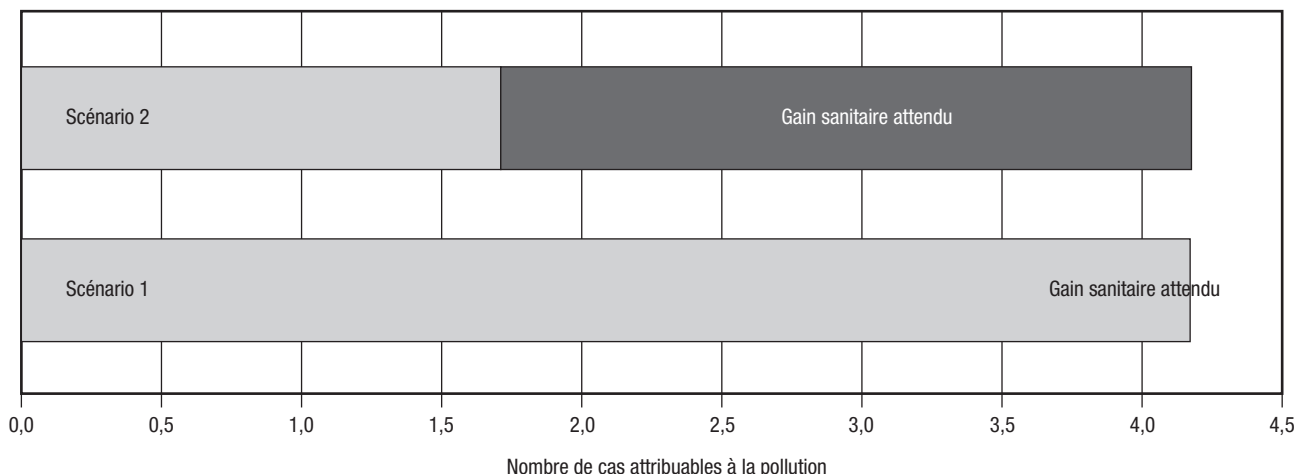
Celui-ci n'entraîne aucun gain sanitaire en terme de mortalité puisque dans l'agglomération d'Agen ces objectifs sont déjà atteints.

Le scénario 2 consistant à réduire les concentrations en polluants de 25 % engendre un gain sanitaire puisque plus de la moitié des décès attribuables à la pollution atmosphérique peuvent alors être évités, comme l'illustre la figure 7.

Tableau 10 - Nombre de décès évitables par une diminution de 25 % de la moyenne annuelle de l'ozone à Agen (scénario 2), 2002

Indicateur sanitaire	Nombre total de décès attribuables	Nombre de décès évitables et IC à 95 %
Mortalité toutes causes	4,22	2,51 [1,08 - 3,59]
Mortalité respiratoire	0,43	0,25 [0,12 - 0,40]
Mortalité cardio-vasculaire	2,34	1,38 [0,50 - 2,26]

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



Gain sanitaire pour la morbidité (PM₁₀)

Les résultats des scénarios 1 et 2 sont présentés ci-dessous (tableau 11).

Si le scénario 1 aboutit à un gain quasiment nul, le scénario 2 permet d'éviter une hospitalisation pour

cause respiratoire chez les 15-64 ans et quatre autres chez les 65 ans et plus, ainsi que trois hospitalisations pour cause cardiaque.

Tableau 11 - Nombre d'admissions hospitalières potentiellement évitables suivant les scénarios de réduction de la pollution (1 = réduction aux valeurs limites¹, 2 = réduction de 25 %), Agen, 2002

Indicateur sanitaire	Polluant ayant le plus d'effet	Nombre total d'admissions attribuables	Scénario	Nombre d'admissions hospitalières évitables et IC à 95 %
Morbidité respiratoire				
15-64 ans	O ₃ été	1,4	1	- [-]
			2	0,9 [-0,4 - 2,2]
65 ans et plus	PM ₁₀	8,1	1	0,05 [0,04 - 0,08]
			2	3,9 [2,6 - 2,6]
Morbidité cardiaque				
Tous âges	PM ₁₀	6,3	1	0,04 [0,02 - 0,06]
			2	3,0 [1,2 - 4,8]
65 ans et plus	PM ₁₀	6,7	1	0,04 [0,02 - 0,06]
			2	3,2 [1,8 - 4,6]

¹ 110 µg/m³ en moyenne sur 8 heures pour l'ozone, 40 µg/m³ pour les PM₁₀.

4.4 | Caractérisation du risque à long terme

L'impact sanitaire à long terme n'a pu être estimé que pour les PM₁₀ car les études de cohorte ayant permis d'obtenir des relations exposition-risque fiables pour les effets à long terme ne portaient que sur ce polluant.

Le calcul de l'impact sanitaire global à long terme montre que chaque année 20,8 décès anticipés (IC 95 % = [12,6-29,7]) sont attribuables à une exposition chronique aux PM₁₀.

Pour estimer les gains sanitaires potentiellement réalisables par une diminution des particules sur le long terme, les scénarios conseillés dans le guide méthodologique sont les suivants :

- scénario 1 : diminution de la moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 40 µg/m³, valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2005 ;
- scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de la

moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 20 µg/m³, valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2010 ;

- scénario 3 : gain sanitaire lié à la diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle des PM₁₀ ;
- scénario 4 : gain sanitaire lié à la diminution des niveaux de 25 % de la moyenne annuelle des PM₁₀.

À Agen, le gain sanitaire obtenu avec les deux premiers scénarios est nul puisque la moyenne annuelle observée sur les données de 2002/2003 (égale à 20 µg/m³) ne dépasse pas les seuils de normes européennes applicables en 2005 et 2010 (respectivement 40 et 20 µg/m³).

Le scénario 4 est très proche du scénario 3 puisqu'à Agen, diminuer la moyenne annuelle des PM₁₀ de 5 µg/m³ revient à la diminuer de 25 %. Nous avons donc estimé le gain sanitaire lié à une diminution de 5 µg/m³ (soit 25 %) de la moyenne annuelle des PM₁₀, puis à une diminution de la moyenne annuelle de 33 %. Les résultats obtenus après simulation de ces scénarios sont présentés dans le tableau 12.

Une diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle permettrait donc d'éviter chaque année la moitié des décès attribuables à l'exposition au long terme aux PM₁₀.

Tableau 12 - Nombre de décès pouvant être évités à long terme par une diminution des PM₁₀, Agen, 2001

Scénario	Nombre de décès	IC à 95 %
Diminution de 5 µg/m ³ (soit 25 %) de la moyenne annuelle	11,0	[6,7 - 15,5]
Diminution de 33 % de la moyenne annuelle	13,8	[8,3 - 19,4]

5 | Discussion

La démarche des EIS est une méthode peu coûteuse, rapide et facilement reproductible qui permet d'estimer l'impact local de la pollution atmosphérique urbaine à partir de données d'étude épidémiologiques existantes. La présentation des résultats sous la forme de nombre de cas attribuables est facilement compréhensible et permet la comparaison de différentes stratégies d'amélioration de la qualité de l'air en terme de réduction de risque. Elle fournit des données locales utiles à la gestion du risque

sanitaire que peuvent s'approprier les acteurs locaux. Dans cette optique, cette évaluation ainsi que les autres menées en Aquitaines seront transmises aux Ddass concernées qui pourront ainsi relayer l'information auprès des décideurs locaux et du grand public.

Cependant, les hypothèses, limites et incertitudes liées à la démarche de l'EIS doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats.

5.1 | Hypothèses, limites et incertitudes

La méthodologie utilisée pour réaliser cette EIS est celle proposée par l'InVS dans son guide de juillet 1999 réactualisé en mars 2003, mais l'application des quatre étapes qui ont permis d'évaluer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur la zone d'étude définie autour de la commune d'Agen peut engendrer des incertitudes.

Identification des dangers

Les principales limites de cette première étape sont à l'origine d'une sous estimation de l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique attribuable à différents biais.

La morbidité hospitalière utilisée dans ce cadre (admission dans un service de soins après passage aux urgences) ne tient pas compte des symptômes respiratoires ayant été traités en ambulatoire alors que ceux-ci représentent une part importante de la morbidité respiratoire totale. Les polluants retenus ici (ozone et PM₁₀) ne représente qu'une partie des substances chimiques responsables de la pollution à laquelle est exposée la population ; cependant, ils peuvent être considérés comme des indicateurs de la pollution atmosphérique urbaine ambiante.

Enfin, la pollution étudiée dans cette évaluation d'impact sanitaire est la pollution extérieure de fond et ne tient pas compte de la pollution de l'air à l'intérieur des locaux.

Relations exposition/risque

Dans cette seconde étape sont utilisées des fonctions exposition/risque issues d'enquêtes épidémiologiques établies dans des zones géographiques différentes.

La population ayant servi pour ces études est potentiellement différente de la population agenaise en termes de mortalité, d'exposition et de caractéristiques sociodémographiques. L'évaluation de l'impact à long terme notamment est basée sur ces fonctions exposition-*risque* établies dans des populations américaines potentiellement différentes des populations étudiées ici en termes 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 d'Aphea et Psas-9 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.

Estimation de l'exposition

L'exposition aux divers polluants est estimée pour une population séjournant dans la zone d'étude retenue bien

que les individus soient exposés à des niveaux de pollution variables au cours d'une même journée.

Les incertitudes liées au mouvement des populations (déplacements personnels et professionnels) peuvent conduire selon les cas à surestimer ou sous-estimer l'impact sanitaire.

Enfin, les valeurs de polluants retenues sont celles enregistrées par la seule station de mesure d'Agen, la station d'Agen-Armandi. Le niveau moyen de pollution utilisé dans cette étude est donc dépendant de l'implantation du capteur, mais le choix de l'emplacement de celui-ci par le réseau local de mesure permet de penser que l'indicateur d'exposition construit est bien représentatif de l'exposition moyenne de la population.

Caractérisation du risque

La mise en relation des indicateurs d'exposition avec les indicateurs sanitaires disponibles permet de caractériser le risque.

Le premier biais possible de ces indicateurs sanitaires est une sous- ou surestimation du nombre d'admissions hospitalières du fait d'erreur de diagnostic médical et/ou de codage dans le cadre du PMSI. De plus les passages au service des urgences non suivis d'une hospitalisation ne sont pas pris en compte, conduisant de nouveau à sous-estimer le nombre d'événements de santé et donc l'impact de la pollution atmosphérique.

5.2 | Interprétation des résultats

Les résultats de cette évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique doivent être interprétés comme des ordres de grandeur compte tenu des incertitudes et des limites énoncées précédemment. Il s'agit d'une estimation basée sur des données locales disponibles et des connaissances scientifiques actuelles.

De plus, le nombre de décès anticipés calculés lors de l'impact sanitaire à court terme n'est pas un excès absolu de mortalité mais une estimation du nombre d'individus qui ont vu leur espérance de vie réduite au cours de l'année étudiée.

6 | Conclusion

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique a été réalisée pour huit communes appartenant à l'unité urbaine d'Agen (Agen, Brax, Boé, Bon-Encontre, Colayrac-Saint-Cirq, Estillac, Foulayronnes, Le Passage). Elle s'appuie sur l'analyse des données

de mortalité de l'année 2001 et des données de morbidité (admissions hospitalières) de l'année 2002. Seuls deux indicateurs de la pollution atmosphérique ont pu être analysés : l'ozone et les PM₁₀.

6.1 | Un impact collectif à court terme

Sur une année, l'impact global de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude définie autour d'Agen est estimé à quatre décès, dont deux décès pour cause cardio-vasculaire. En terme de morbidité, elle provoque chaque année huit admissions hospitalières pour motif respiratoire et six pour motif cardiaque pour les 65 ans et plus.

Les gains sanitaires calculés selon deux scénarios montrent que le deuxième scénario (diminution de 25 % de la pollution de fond) entraîne un gain sanitaire puisqu'il permet d'éviter deux décès, deux admissions hospitalières pour motif respiratoire et deux pour motif cardiaque chez les personnes de plus de 65 ans.

6.2 | Un impact sanitaire à long terme mesurable

Dans un second temps, cette étude a permis d'estimer le nombre de décès potentiellement évitables à long terme selon différents scénarios de réduction des émissions de polluants.

Les normes européennes pour les PM₁₀ en 2005 et 2010 sont déjà respectées à Agen, mais une faible diminution

de 5 µg/m³ de la moyenne des PM₁₀ permettrait d'éviter 11 décès anticipés et une diminution de 33 % permettrait d'éviter 14 décès anticipés parmi les 21 attribuables à la pollution sur une année.

6.3 | Recommandations

Une politique de diminution de la pollution atmosphérique visant à éviter seulement les dépassements des seuils des valeurs réglementaires n'aurait pas les bénéfices

sanitaires escomptés et une plus grande efficacité serait obtenue en réduisant des émissions de polluants à la source de façon quotidienne.

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 des 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.* Co-founding 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*, 1998 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, Kaiser R, Medina S, Stunicka M, Oberfeld G. Air pollution attributable cases: technical report on epidemiology. In: *Health costs due to road traffic-related air pollution: an impact assessment project of Austria, France, and Switzerland.* (Prepared for the third WHO Ministerial Conference on Environment and Health, London, United Kingdom, 1999). Bern, Switzerland: European Regional Office, World Health Organization, 1999. <http://www.airimpacts.org/documents/local/cases.pdf>