

Evaluation de l'Impact Sanitaire de la pollution atmosphérique sur Amiens de 2000 à 2002

Cette étude a été réalisée par :

Nolwenn MASSON

Cellule InterRégionale d'Epidémiologie Nord-Pas de Calais /Picardie

Ont participé à la réalisation de cette étude

Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Nord-Pas de Calais /Picardie

Christophe HEYMAN

Pierre Henry MIQUEL

Audrey GIRARD

Institut de Veille Sanitaire

Département Santé Environnement

Pascal FABRE

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Picardie

Jerôme VEYRET

AtmoPicardie

Emmanuel ESCAT

Nous adressons nos remerciements à l'ensemble des fournisseurs de données qui ont permis de mener à bien cette étude, en particulier : la Drire Picardie, MétéoFrance Abbeville, le service statistique de l'Institut de Veille Sanitaire, les Départements d'Information Médicale du centre hospitalier d'Abbeville, de la Clinique V. Pauchet de Butler et de la Polyclinique de Picardie.

Sommaire

Acronymes	5
1 Contexte et objectifs	6
2 Description de la zone d'étude.....	7
2.1 Choix de la zone d'étude	7
2.2 Population et déplacements.....	9
2.2.1 Population exposée	9
2.2.2 Densités de population.....	8
2.2.3 Déplacements domicile- travail	9
2.2.4 Attractivité hospitalière	10
2.3 Sources de pollution	10
2.4 Surveillance de la qualité de l'air.....	11
3 Matériels et méthodes.....	13
3.1 Méthodologie de l'EIS	13
3.1.1 Identifications des dangers	13
3.1.2 Estimation de l'exposition.....	14
3.1.3 Choix des relations exposition-risque.....	14
3.1.4 Caractérisation du risque	17
3.2 Définition des périodes d'étude.....	18
3.3 Construction des indicateurs d'exposition	18
3.3.1 Choix des polluants.....	18
3.3.2 Sélection des stations de mesure	18
3.3.3 Recueil des données sanitaires	20
4 Résultats	21
4.1 Description des indicateurs de pollution	21
4.2 Indicateurs sanitaires.....	23
4.3 Caractérisation du risque à court terme	24
4.3.1 Estimation de l'impact sanitaire.....	24
4.3.2 Impact sanitaire par niveau de pollution	25
4.4 Caractérisation du risque à long terme	33
5 Discussion	34
5.1 Hypothèses, limites et incertitudes.....	34
5.1.1 Identification des dangers	34
5.1.2 Relations exposition-risque	34
5.1.3 Estimation de l'exposition.....	35
5.1.4 Caractérisation du risque	36
5.2 Interprétation des résultats	36
6 Conclusion.....	37
6.1 Un impact collectif à court terme non négligeable	37

6.2	Un impact sanitaire à long terme mesurable	37
6.3	Des stratégies de réduction des émissions plus ou moins efficaces	37
6.4	Un réseau de surveillance à équiper en station de fond.....	38
7	Références	39
8	Annexes.....	40
	ANNEXE I.....	41
	ANNEXE II.....	42
	ANNEXE III.....	43
	ANNEXE IV	44
	ANNEXE V	46
	ANNEXE VI	50
	ANNEXE VII	51
9	Résumé.....	53

Acronymes

AtmoPicardie : Association pour la surveillance de la qualité de l'air en Picardie.

Aphea : Air Pollution and Health- A European Approach

Citepa : Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique

Cov : Composés Organiques Volatils

Ddass : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DP : Diagnostic principal

Drass : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

Drire : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

EIS : Évaluation d'Impact Sanitaire

Finess : Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux

FN : Fumées Noires

Insee : Institut National de la Statistique et des Études Economiques

Inserm : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

InVS : Institut de Veille Sanitaire

NO : Monoxyde d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

O₃ : Ozone

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PDU : Plan de Déplacement Urbain

PM10 : Particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns

PMSI : Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information

PRQA : Plan Régional pour la Qualité de l'Air

PS : Particules en suspension

PSAS 9 : Programme de Surveillance Air Santé- 9 villes

RSA : Résumé de Sortie Anonymisé

RUM : Résumé d'Unité Médicale

SO₂ : Dioxyde de soufre

1 Contexte et objectifs

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 et dont les modalités de mise en œuvre sont précisées par le décret du 6 mai 1998, fixe les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique. Il s'appuie autant que possible sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé publique.

C'est dans le cadre de la mise en œuvre du PRQA de Picardie [1] que la Drass a sollicité la Cellule InterRégionale d'Epidémiologie (Cire) pour réaliser une évaluation de l'impact sanitaire (EIS) sur l'agglomération amiénoise.

L'objectif principal de cette étude est de donner aux acteurs locaux (décideurs, associations, habitants,...) un ordre de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique afin de fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air fondés sur des critères de santé publique. Elle est également un outil de planification et d'évaluation des politiques publiques puisqu'elle permet de mesurer l'efficacité de mesures de prévention.

Elle suit la démarche méthodologique d'évaluation d'impact sanitaire réactualisée par l'InVS [2], en accord avec les recommandations OMS. L'impact sanitaire à court terme de la pollution atmosphérique est calculé en terme de morbidité (entrées hospitalières) et de mortalité anticipée. Une estimation de l'impact sanitaire à long terme est calculée en terme de mortalité grâce aux résultats des études épidémiologiques internationales.

Dans sa partie « résultats », ce rapport décrit d'abord, l'exposition de la population de la zone d'étude d'Amiens à la pollution atmosphérique documentée par les mesures de la qualité de l'air du réseau de surveillance AtmoPicardie. La construction des indicateurs sanitaires permet ensuite de calculer les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique suivant l'indicateur retenu. Enfin, différents scénarii de baisse de pollution atmosphérique sont étudiés. L'efficacité, en terme de gain sanitaire, est comparée pour différentes stratégies de réduction de la pollution en vue d'orienter les décisions pouvant influencer l'évolution de la qualité de l'air dans la zone d'étude observée.

2 Description de la zone d'étude

2.1 Choix de la zone d'étude

La sélection de la zone d'étude, autour d'Amiens (figure 1), 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. Cela implique que la zone d'étude définie réponde aux critères suivants :

- **zone sans rupture d'urbanisation**
- **où la majorité de la population séjourne en permanence**
- **où la qualité de l'air (mesurée par des stations de fond) et la répartition des émissions peuvent être considérées, a priori, comme homogènes.**

L'unité urbaine d'Amiens, au sens Insee, comprend 10 communes présentant une population de 220 315 habitants, au recensement de 1999 (Annexe I).

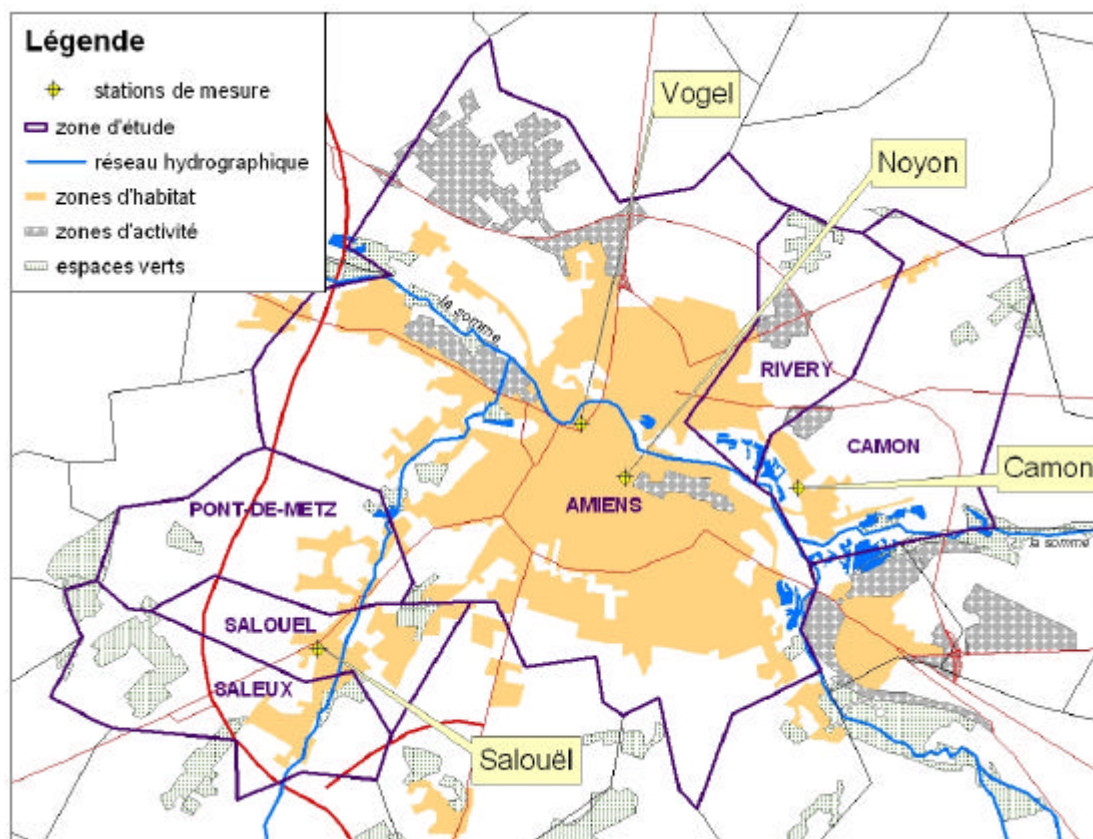
Une première restriction de la zone a été établie sur les critères de continuité urbaine bâtie (zone où il n'y a pas de coupures de plus de 200 mètres entre deux constructions de la zone bâtie). Une autre délimitation de la zone d'étude a été réalisée en collaboration avec le réseau de mesures AtmoPicardie, en fonction des capteurs de pollution et de la topographie. Des mesures sont réalisées par des stations dans les communes d'Amiens, Camon et Salouël. Ont été retenues les communes d'Amiens, Camon, Rivery, Saleux, Pont-de-Metz et Salouël (figure 2).

Figure 1 : localisation d'Amiens.



Fonds : © IGN – BD Carto ®

Figure 2 : communes de la zone d'étude et localisation des stations de mesure de la qualité de l'air.



source : AtmoPicardie. Fonds : © IGN – BD Carto ®

2.2 Population et déplacements

2.2.1 Population exposée

La zone d'étude, composée de la commune d'Amiens et des communes périphériques de Camon, Saleux, Pont-de-metz, Rivery et Salouël regroupe une population de 151 538 habitants au recensement INSEE de 1999. Elle fait une superficie de 90 km². La densité globale de cette zone est de 1691 habitants par km² (tableau 1).

Tableau 1 : Répartition de la population sur la zone d'étude, 1999.

Code INSEE	Commune	Population 1999	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
80 021	Amiens	135 449	49,46	2738,55
80 164	Camon	4 368	12,90	338,60
80 724	Saleux	2 502	8,02	311,97
80 632	Pont-de-metz	1659	7,69	215,50
80 725	Salouël	4 160	4,58	908,30
80 674	Rivery	3 400	6,37	533,75
Total		151 538	89,62	1690,89

Source : Insee recensement 1999.

Le tableau 2 montre la répartition de la population de la zone d'étude par tranche d'âge. Les jeunes de 0 à 14 ans représentent près de 18% de la population. Les 15 - 65 ans constituent 70 % de notre population d'étude et les 65 ans et plus près de 13 %.

Tableau 2 : Répartition de la population de la zone d'étude par tranche d'âge

Commune	Population 0-14 ans	Population 15-64 ans	Population = 65 ans
Amiens	24 440 (18,0%)	93 684 (69,2%)	17325 (12,8%)
Camon	771 (17,7%)	2 970 (68,0%)	627 (14,4%)
Saleux	463 (18,5%)	1 773 (70,9%)	266 (10,6%)
Pont-de-metz	326 (19,7%)	1 160 (69,9%)	173 (10,4%)
Salouël	506 (12,2%)	3 428 (82,4%)	226 (5,4%)
Rivery	497 (14,6%)	2161 (63,6%)	742 (21,8%)
TOTAL	27 003 (17,8%)	105 176 (69,4%)	19 359 (12,8%)

Source : INSEE Recensement 1999

2.2.2 Déplacements domicile- travail

L'étude des déplacements de population (navettes domicile - travail) par commune au sein de l'unité urbaine d'Amiens montre que 85,5% des actifs ayant un emploi se déplacent à l'intérieur de l'aire urbaine amiénoise (ANNEXE II). Parmi ces actifs, 72,3% travaillent dans la commune d'Amiens. Par ailleurs, les chômeurs au moment du recensement de 1999 représentaient 19 %

de la population active de la zone d'étude. Au final, il semble donc que la grande majorité de la population de ces communes séjourne la majeure partie de son temps dans cette zone (respect du dernier critère d'inclusion dans la zone d'étude).

2.2.3 Attractivité hospitalière

D'après les renseignements fournis par l'Agence Régionale d'Hospitalisation de Picardie à partir d'une extraction de données de la base du PMSI de 2003, 84,6% des personnes hospitalisées habitant la zone d'étude, l'ont été dans des établissements de santé de l'agglomération amiénoise. Le tableau ci-dessous présente la répartition des courts séjours des patients des secteurs d'Amiens, Salouël-Saleux-Pont-de-metz, Rivery et Camon dans les principaux établissements hospitaliers d'Amiens.

Tableau 3 : Cartographie de l'activité médicale (PMSI) hors ambulatoire et séances de la zone d'étude, en 2003.

	Amiens	Salouël – Saleux – Pont-de-metz	Rivery	Camon
CH Amiens	56 %	49 %	49 %	51 %
Polyclinique de Picardie	10 %	14 %	13 %	14 %
Clinique V. Pauchet	9 %	11 %	14 %	8 %
Clinique Ste Thérèse	8 %	8 %	4 %	8 %
Clinique Ste Claire	7 %	6 %	7 %	7 %
Autre	10 %	12%	13%	12%

Source : ARH, www.parhtage.sante.fr

2.3 Sources de pollution

Sur la zone d'étude, 8 principales entreprises émettent des rejets polluants dans l'atmosphère ; ces derniers sont présentés dans le tableau 4. Les données sont issues des questionnaires des rejets 2003 collectés par la Drire.

Tableau 4 : Emissions moyennes (en tonnes arrondies/an) des principales entreprises émettrices de la zone d'étude.

Substance	Flux 2002	Flux 2003
total CO ₂ d'origine non biomasse (combustibles fossiles, procédés,...)	104 824,2	121 684,5
total NOx en équivalent NO2	150,0	139,7
total SOx (en équivalent SO2)	60,55	67,4
total poussières (TSP)	5,6	6,4
total particules à effet de serre (quotas d'émission de gaz à effet de serre)	65 657,0	88 844,0

Source : Drire

Les sources fixes (résidentielles et industrielles), sont responsables d'un peu plus de 80% des rejets en SO₂ sur « l'Aire Urbaine » d'Amiens. Le transport routier est à l'origine de près de la moitié de la pollution par les NO_x et de plus de 85% des émissions de CO (cf tableau 5).

Tableau 5 : Contribution des deux grands types de source aux émissions des principaux polluants (Amiens).

Polluants	Emissions (Tonnes)	Origines principales en % de l'émission totale		
		résidence et tertiaire	industrie et déchets	transports routiers
SO ₂	714 T	24,5 %	51,8 %	3,5 %
CO	3187 T	12,4 %	1,3 %	85,9 %
NO _x	1128 T	22,3 %	27,9 %	46,2 %
CovNM	956 T	9,9 %	36 %	35,6 %

Source : Atmo Picardie (Réalisation de l'inventaire spatialisé des émissions de la région Picardie, Année 1999).

2.4 Surveillance de la qualité de l'air

Le dispositif actuel de surveillance de la pollution atmosphérique comporte sept stations de mesures : deux urbaines de type trafic, deux urbaines de fond et trois périurbaines de fond (tableau 6).

Tableau 6 : Description des stations de la zone d'étude*

Nom de la station	Localisation	Type de station	Polluants et date de mise en service			
			SO ₂	NO _x	O ₃	FN ou PM10
Noyon, CCI Amiens	4 rue de Noyon	Trafic automobile	1988	1988	1988	1988
Place Vogel	Usine St Michel, Place Vogel	Trafic automobile	Pas de mesure	1994	1994	Pas de mesure
DRIRE	44 rue Alexandre Dumas	Périurbain de fond	1988	Pas de mesure	Pas de mesure	Pas de mesure
Amiens Nord	Ecole primaire, 8 av de la Paix	Urbain de fond	1992	Pas de mesure	Pas de mesure	Pas de mesure
Voltaire	Ecole Primaire, 125 rue Voltaire	Urbain de fond	1991	Pas de mesure	Pas de mesure	Pas de mesure
Camon	Rue Roger Allou, Camon	Périurbain de fond	Pas de mesure	1998	1998	1998
Salouel	Rue Anatole France, Salouel	Périurbain de fond	Pas de mesure	1998	1998	1998

*Source : ATMO Picardie

Le tableau 7 ci-dessous récapitule les différentes méthodologies et normes de mesure des différents analyseurs utilisés.

Tableau 7 : Méthodes de mesures des différents polluants

Paramètre	Méthode de mesure	Norme	Unités
Dioxyde de soufre SO₂	Fluorescence UV	NF X43-019	µg.m ⁻³
Monoxyde d'azote NO	Chimiluminescence	NF X43-018	µg.m ⁻³
Ozone O₃	Photométrie UV	NF X43-024	µg.m ⁻³
Particules en suspension PM10	Gravimétrie différentielle	En cours de Normalisation	µg.m ⁻³
Dioxyde d'azote NO₂	Chimiluminescence	NF X43-018	µg.m ⁻³
Monoxyde de carbone CO	Spectroscopie Infra Rouge	NF X43-044	µg.m ⁻³

Source : ATMO Picardie

L'échelle de temps de toutes les mesures est en HTU (Heure Temps Universel).

3 Matériels 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'Institut de Veille Sanitaire.

Cette méthodologie se décompose en 4 étapes (identification des dangers, estimation de l'exposition, choix des relations exposition-risque et caractérisation du risque) rappelées ci-dessous.

3.1.1 Identifications des dangers

Cette étape a pour objectif d'établir la liste des polluants et leurs effets à partir de données toxicologiques et épidémiologiques. Les effets connus de la pollution atmosphérique sur la santé à l'échelle des populations urbaines sont les effets sur la mortalité toutes causes, cardiovasculaire et respiratoire ainsi que ceux sur la morbidité étudiés au travers des admissions hospitalières pour motif cardiovasculaire ou respiratoire.

Dans le cas de la pollution atmosphérique, on retiendra les indicateurs de pollution 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).

Cinq polluants mesurés en routine permettent la construction des indicateurs d'exposition pour les études d'impact sanitaire : les particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns (PM10), les Fumées Noires (FN) et le dioxyde de soufre (SO₂) pour la pollution acido-particulaire, le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃) pour la pollution photo-oxydante.

- le **dioxyde de soufre SO₂** provoque des inflammations pulmonaires et une accentuation de l'asthme
Sources d'émissions : industries, activités tertiaires, véhicules
- les **oxydes d'azote NO_x** (= NO + NO₂), causent des céphalées, une altération des fonctions pulmonaires, une inflammation des bronches.
Sources d'émissions : principalement véhicules et industries
- le **monoxyde de carbone CO** se fixe sur l'hémoglobine du sang, induisant céphalées, troubles cardiovasculaires, vertiges
Sources d'émissions : chauffages, véhicules
- l'**ozone O₃** est un irritant qui altère les muqueuses oculaires et pulmonaires
Polluant secondaire résultant des réactions chimiques entre NO_x et COV en présence de rayonnement solaire
- les **PM10** ou **poussières en suspension (PS)** transportent les polluants gazeux dans les poumons, attaquent les muqueuses nasales et ont un effet cancérigène probable
Sources d'émissions : véhicules diesel et combustion de certaines industries

3.1.2 Estimation de l'exposition

C'est une étape fondamentale dont l'objectif est 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. Il est nécessaire de construire pour chaque polluant un indicateur d'exposition reflétant au mieux les concentrations auxquelles la population est soumise.

Cette estimation repose sur l'hypothèse selon laquelle la moyenne journalière des capteurs sélectionnés constitue une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles journalières.

Cette construction se déroule en quatre étapes :

- recueil des données pertinentes auprès du réseau de surveillance de la qualité de l'air ;
- détermination de la période d'étude ;
- sélection des stations ;
- construction des indicateurs d'exposition à partir des stations sélectionnées.

Les critères suivants doivent être respectés :

Les niveaux d'indicateurs de pollution des stations étudiées doivent être proches et refléter les mêmes phénomènes de pollution ;

Les niveaux journaliers des indicateurs de pollution doivent être bien corrélés dans le temps entre les différentes stations ;

Une station donnée doit pouvoir être qualifiée, du point de vue de son environnement, comme représentative de l'exposition de la population.

L'indicateur d'exposition correspond à la moyenne arithmétique des moyennes journalières des stations ou des moyennes glissantes -8 heures- pour l'ozone.

L'indicateur aura une valeur manquante un jour donné si tous les capteurs ont une valeur manquante ce même jour.

La méthode utilisée pour la construction des indicateurs d'exposition pour les études à court terme et à long terme est identique. Pour le calcul de l'impact sanitaire à long terme, la moyenne arithmétique annuelle est prise en compte.

3.1.3 Choix des relations exposition-risque

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

EIS court terme

Depuis la parution du guide 1999, les fonctions exposition / risque concernant ces indicateurs ont été actualisées dans le cadre du programme Air Pollution and Health : a European Approach [3] (APHEA2) au niveau européen d'une part et dans le cadre du Programme de Surveillance Air et Santé des 9 villes (PSAS-9) d'autre part [4].

Mortalité totale, cardio-vasculaire et respiratoire

Les fonctions exposition / risque produites par le PSAS-9 phase II sont utilisées pour SO₂, NO₂, O₃. En revanche, pour les PM10, les fonctions expositions/risque du programme APHEA2 sont utilisées (tableau 8).

Tableau 8 : Risques relatifs de mortalité (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une exposition de 0-1 jour et pour une hausse de 10 µg/m³ des indicateurs de pollution.

Mortalité	PM10*	SO ₂ **	NO ₂ **	O ₃ **
Toutes causes	1,006 [#] [1,004 – 1,008]**	1,011 [1,005-1,017]	1,010 [1,007-1,013]	1,007 [1,003-1,010]
Cardio-vasculaire	-	1,008 [1,004-1,011]	1,012 [1,005-1,018]	1,011 [1,004-1,018]
Respiratoire	-	1,011 [1,001-1,021]	1,013 [1,005-1,021]	1,012 [1,006-1,019]

* source : APHEA2

**source : PSAS-9

[#] Les risques relatifs significatifs apparaissent en gras

Admissions hospitalières

Les fonctions exposition / risque établies pour ces indicateurs sanitaires dans le cadre du PSAS-9 comportent un degré d'incertitude incompatible avec leur utilisation en routine pour la réalisation d'EIS. Les fonctions exposition / risque élaborées dans le cadre d'APHEA1 [5] et APHEA2 [6] sont utilisées (tableau 9).

Tableau 9 : Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies respiratoires (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une exposition de 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ des niveaux des polluants.

Polluant	Admissions hospitalières pour pathologies respiratoires	
	Chez les 15-64 ans	Chez les 65 ans et plus
SO ₂	1,002 [0,998 - 1,005] *	1,004 [1,001 - 1,009] *
FN	1,006 [§] [1,001 - 1,010] *	1,001 [0,993-1,009] **
PM10		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] *

* source APHEA1

** source APHEA2

[§] Les risques relatifs significatifs apparaissent en gras

Concernant les admissions pour pathologies cardio-vasculaires, pour le SO₂ et le NO₂, les fonctions exposition-risque à utiliser restent celles du guide InVS de 1999 [7] (tableau 10).

Tableau 10 : Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies cardiovasculaires (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une exposition de 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ des polluants.

Polluant	Saison	Pathologies cardiovasculaires tous âges
SO ₂	Hiver	1,013[§] [1,006-1,020]
NO ₂	Hiver	1,010 [1,006-1,014]
NO ₂	Eté	1,012 [1,007-1,017]

[§]Les risques relatifs significatifs apparaissent en gras, source : PSAS 9.

Pour les PM₁₀, des relations exposition / risque ont été produites dans le cadre du programme APHEA2 [8] pour les indicateurs de pathologies cardiaques uniquement (tableau 11).

Tableau 11 : Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies cardiaques (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une exposition de 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀*

	Admissions pour pathologies cardiaques	
	Tous âges	65 ans et plus
PM₁₀	1,005[§] [1,002 – 1,008]	1,007 [1,004-1,010]

*source : APHEA2

[§]Les risques relatifs significatifs apparaissent en gras

EIS long terme

La fonction exposition / risque de l'étude tri-nationale [9], également proposée par l'OMS, est utilisée pour la mortalité totale (tableau 12).

Tableau 12 : Risques relatifs de mortalité à long terme (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀*

	PM ₁₀
Mortalité toutes causes	1,043[§] [1,026 – 1,061]

*source : étude tri-nationale [9]

[§]risque relatif significatif

3.1.4 Caractérisation du risque

Cette étape permet de quantifier l'impact sanitaire en calculant un nombre de cas attribuables à un polluant 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 :

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

PA = proportion d'événements sanitaires attribuables au niveau de pollution considéré,
RR = risque relatif associé au niveau de pollution et fourni par la courbe dose-réponse,
f = fraction de la population exposée.

Dans le cas de la pollution atmosphérique :

f = 1, car toute la population est considérée comme exposée au niveau de pollution retenu.
RR = RR_{Δ} , car le risque relatif, issu des études épidémiologiques, n'a pu être élaboré que sur l'observation et la modélisation de l'impact lors de variation (augmentation) de la pollution. Il n'est pas calculé en référence à un niveau de pollution nul dont le risque relatif serait égal à 1, mais en référence à un niveau de base non nul.

Le nombre d'événements attribuables (NA) est donc calculé, non pas pour un niveau de pollution donné, mais pour un différentiel de pollution donné selon la formule simplifiée suivante :

$$NA = ((RR_{\Delta} - 1) / RR_{\Delta}) \times N \quad \text{où :}$$

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

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 sommant les événements sanitaires attribuables journaliers.

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.

3.2 Définition des périodes d'étude

Les données météorologiques des stations de fonds sont complètes pour les quatre polluants entre 2000 et 2002. Parmi les cinq établissements hospitaliers, trois ont une activité spécifique dans les domaines respiratoire et cardio-vasculaire : CHU, clinique V Pauchet, Polyclinique de Picardie. Pour ces établissements, les données d'admission hospitalières de 2000 à 2003 sont disponibles. Les données de mortalités couvrent les années 2000 et 2001. L'année 2003 n'a pas été retenue dans cette étude du fait de la situation exceptionnelle de canicule en France et à des fins d'homogénéité avec l'étude PSAS-9 qui exclue 2003 de ses analyses.

Deux périodes d'étude sont donc définies :

- la période allant du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2001 pour les analyses des mortalités à court terme et à long terme,
- la période allant du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2002 pour l'analyse de la morbidité.

Les saisons tropicales sont définies pour l'été : du 1^{er} avril au 30 septembre de chaque année et pour l'hiver, la saison est reconstituée à partir de deux périodes : du 1^{er} janvier au 30 mars et du 1^{er} octobre au 31 décembre de chaque année.

3.3 Construction des indicateurs d'exposition

Les indicateurs d'exposition ont été construits en calculant la moyenne arithmétique des données journalières des capteurs de la station sélectionnée.

3.3.1 Choix des polluants

Parmi les polluants mesurés sur l'agglomération d'Amiens, seuls les indicateurs de SO₂, NO₂, O₃ et PM₁₀ disposent de relations expositions risques.

Considérant les niveaux de pollution mesurés au niveau des stations, il apparaît que l'ozone, le dioxyde d'azote et les particules caractérisent le mieux la pollution de l'agglomération. En effet, les niveaux de SO₂ sont très faibles (1,1 µg /m³ à Amiens Nord, 1,4 µg/m³ à Voltaire, 2,4 µg/m³ à Noyon et 6,1 µg/m³ à la DRIRE) si on les compare à l'objectif de qualité (50 µg/m³) qui n'est jamais dépassé sur la période d'étude (décret du 15 février 2002). Ceci est confirmé par le PRQA de Picardie qui souligne la forte baisse des niveaux de SO₂, expliquée par une diminution des émissions industrielles picardes (PRQA, 2002). Les niveaux de SO₂ étant très faibles, cet indicateur ne sera donc pas pris en compte dans les calculs d'impact sanitaire.

3.3.2 Sélection des stations de mesure

L'objectif étant de construire, à l'échelle de la zone d'étude, des indicateurs « d'exposition ambiante », seules les stations de fond en zone urbaine devraient être retenues, a priori, pour la construction des indicateurs relatifs aux polluants suivants : NO₂, PM10 et O₃.

Les niveaux de polluants sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux de NO_2 et des PM_{10} considérés correspondent à des moyennes journalières. Les niveaux d'ozone correspondent à la valeur maximale des valeurs des moyennes glissantes sur huit heures. Ces données sont validées par le réseau de mesure ATMO Picardie. Les caractéristiques des niveaux de pollution mesurés par chaque station se trouvent en Annexe IV.

Pour chaque polluant retenu, l'indicateur d'exposition est construit en respectant les critères suivants : les niveaux des indicateurs de pollution des stations étudiées doivent être proches et refléter les mêmes phénomènes de pollution ; les stations doivent être bien corrélées entre elles ; une station donnée doit pouvoir être qualifiée, du point de vue de son environnement, comme représentative de l'exposition de la population.

Compte tenu du faible nombre de capteurs de fond, pour le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules, la sélection a porté sur toutes les stations urbaines ou périurbaines de mesure de la pollution.

L'ozone

Sur la zone d'étude, quatre stations mesurent l'ozone, dont deux de proximité trafic (Noyon et Vogel) et deux périurbaines de fond (Camon et Salouel).

Les stations sont toutes bien corrélées entre elles sauf celle de Vogel. De plus, la station Vogel a des données uniquement pour l'année 2000, elle est donc éliminée de l'étude. Les stations périurbaines ont des valeurs globalement plus élevées que la station urbaine de Noyon, supérieures de 5,9 à 11,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne. Ceci peut être expliqué par le fait que l'ozone est consommé par les oxydes d'azote au niveau de la station trafic. Au final, l'indicateur d'exposition est construit à partir des deux stations périurbaines - Camon et Salouël - pour lesquelles les mécanismes de formation de l'ozone sont identiques (tableau 13).

Tableau 13 : Coefficients de corrélation des stations de mesure de l'ozone (2000-2002).

O_3	Noyon	Camon	Salouel	Vogel
Noyon	1	0,89	0,94	0,83
Camon	-	1	0,86	0,56
Salouel	-	-	1	0,59

Le dioxyde d'azote

Sur la zone d'étude, pour la période 2000-2003, aucun capteur urbain n'est implanté sur Amiens mais des données sont disponibles pour deux stations périurbaines de fond. Cependant, les moyennes journalières observées sur les stations périurbaines varient de 16,6 pour Salouël à 21,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Camon. Ces niveaux de pollution sont plus faibles que ceux observés sur la commune d'Amiens, notamment pour la station de Salouël. Une campagne de mesures ponctuelles [10] menée en 1999 montre que les niveaux moyens sur Amiens sont proches de 30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Les deux stations périurbaines sont très bien corrélées entre elles (coefficient $r = 0,92$) ainsi qu'à la station de trafic urbain Noyon située sur Amiens ($r > 0,65$). Les campagnes ponctuelles de mesure réalisées par AtmoPicardie renseignent que la station périurbaine de

Camon est représentative de la pollution observée sur le centre urbain. Au final, seule la station de Camon est conservée.

Les PM10

Sur la zone, trois capteurs mesurent les particules, dont la station trafic de Noyon. Les stations sont bien corrélées, la station de Noyon ayant des valeurs plus élevées de 6 à 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Avec les deux stations périurbaines, la station trafic Noyon peut être incluse dans la construction de l'indicateur d'exposition car elle est très bien corrélée et ses niveaux sont proches des deux stations urbaines (tableau 14).

Tableau 14 : Coefficients de corrélation des stations de mesure des particules (2000-2002).

PM10	Noyon	Camon	Salouel
Noyon	1	0,93	0,93
Camon	-	1	0,94

3.3.3 Recueil des données sanitaires

Les données de mortalité ont été obtenues auprès du service CepiDC de l'INSERM par l'intermédiaire de l'InVS. L'étude concerne la mortalité toutes causes (hors mort violente), la mortalité pour cause respiratoire et pour cause cardiovasculaire pour les individus domiciliés dans la zone d'étude.

Les informations concernant la morbidité hospitalière sont extraites du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) à partir des bases des Départements d'Information Médicale (DIM) des établissements de soin retenus. Les admissions hospitalières sont donc comptabilisées, pour les périodes étudiées, et les Diagnostics Principaux retenus, à partir des Résumés d'Unité Médicale (RUM) des patients hospitalisés plus de 24h et en provenance de leur domicile.

4 Résultats

4.1 Description des indicateurs de pollution

Les statistiques descriptives des indicateurs d'exposition sur l'agglomération d'Amiens sont présentées dans les tableaux 15 et 16.

Tableau 15* : Description des indicateurs d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les années 2000 à 2001, Amiens.

	O ₃ été	NO ₂ année	NO ₂ été	NO ₂ hiver	PM ₁₀ année	PM ₁₀ été	PM ₁₀ hiver
Nombre	365	671	319	352	731	366	365
Minimum	23	1	1	2	4	8	4
Percentile 5	40	8	6	9	10	12	9
Percentile 25	53	14	12	18	14	15	13
Médiane	65	21	16	25	18	18	17
Percentile 75	79	27	22	33	24	23	24
Percentile 95	120	43	29	49	36	34	39
Maximum	166	73	41	73	55	55	52
Moyenne journalière	69	22	17	27	20	20	20
Ecart-Type	23,5	11	7	12	8	7	10
% Niveaux journaliers supérieurs aux objectifs de qualité	0,5	7	0	12	11	9	13
% Valeurs manquantes	1	0	0	0	0	0	0

*tableau issu directement du logiciel EIS-PA version 2.0

Tableau 16* : Description des indicateurs d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la période 2000-2002, Amiens.

	O ₃ été	NO ₂ année	NO ₂ été	NO ₂ hiver	PM ₁₀ année	PM ₁₀ été	PM ₁₀ hiver
Nombre	548	1036	502	534	1094	549	545
Minimum	23	1	1	1	4	8	4
Percentile 5	41	7	6	9	10	12	9
Percentile 25	55	14	12	17	14	15	13
Médiane	69	20	16	25	18	19	18
Percentile 75	83	27	21	33	24	24	24
Percentile 95	119	41	29	46	36	34	38
Maximum	166	73	41	73	55	55	52
Moyenne journalière	72	21	17	25	20	20	20
Ecart-Type	22,8	10,7	7,0	11,8	8,4	7,3	9,4
% Niveaux journaliers supérieurs aux objectifs de qualité	3	5	1	8	12	10	14
% Valeurs manquantes	1	0	0	0	1	0	1

*tableau issu directement du logiciel EIS-PA version 2.0

Les niveaux de référence retenus pour cette étude correspondent aux objectifs de qualité santé pour O₃, PM₁₀ et NO₂. Ces niveaux de référence sont les suivants (décret 2002-213 du 15 février 2002) :

- indicateur O₃ : 110 µg/m³ sur 8 heures ;
- indicateur NO₂ : 40 µg/ m³ en moyenne annuelle ;
- indicateur PM₁₀ : 30 µg/m³ en moyenne annuelle.

Les objectifs de qualité sont respectés pendant la majorité de la période pour l'ozone, le dioxyde d'azote et les PM₁₀.

La comparaison des statistiques descriptives des indicateurs d'exposition entre 2000, 2001 et 2002 ne montre pas de réelles différences. Les distributions des indicateurs par classe sont présentées pour les 3 années réunies dans les figures suivantes.

Figure 3 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃ (Amiens 2000-2002)

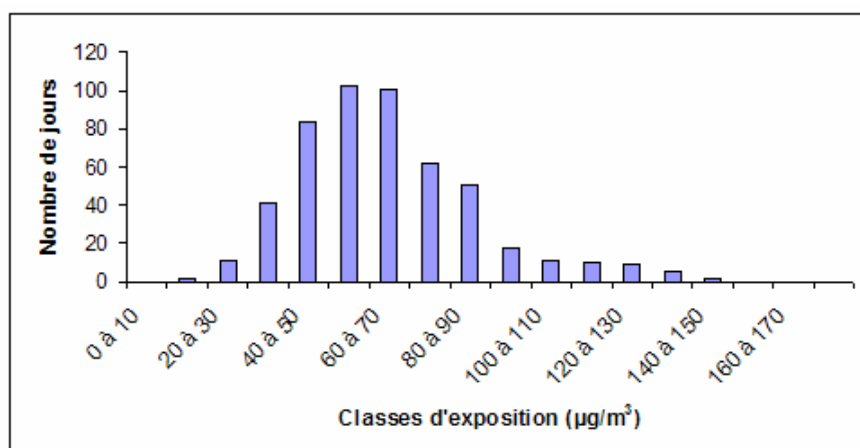


Figure 4 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition NO₂ (Amiens 2000 -2002).

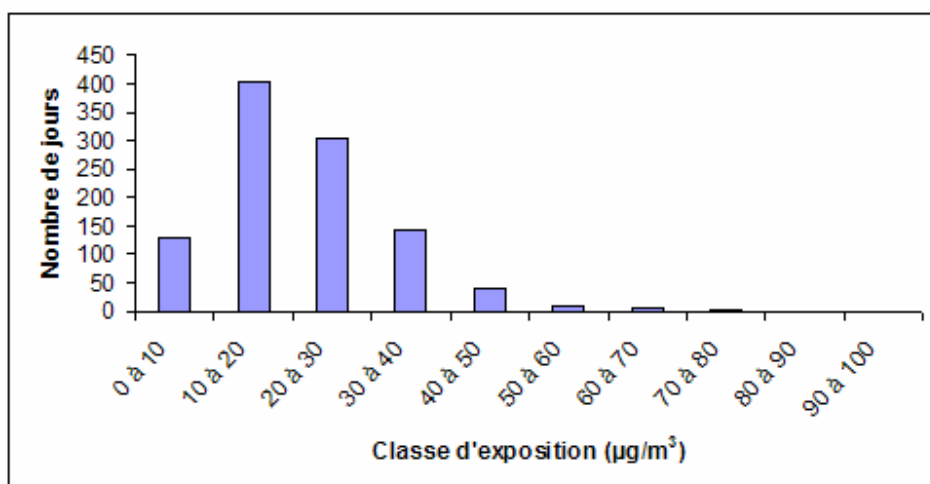
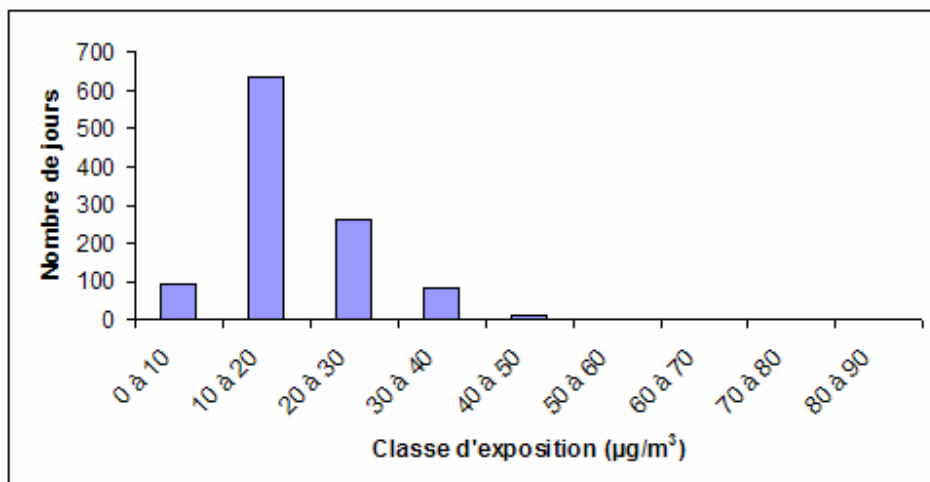


Figure 5 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition PM10 (Amiens 2000 - 2002).



Les niveaux de pollution sur l'agglomération d'Amiens sont plutôt modérés, puisque les dépassements des seuils réglementaires sont faibles : 3% de la période pour l'ozone, 5% de la période pour la dioxyde d'azote et 12% de la période pour les particules.

4.2 Indicateurs sanitaires

Mortalité

Les données de mortalité ne sont disponibles que pour les années 2000 et 2001. Elles concernent les effectifs de mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles), les effectifs de mortalité cardiovasculaire et de mortalité respiratoire qui sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Nombre de décès et moyennes journalières arrondies sur la zone d'étude, pour les deux années 2000 et 2001

	Nombre total de décès			Moyenne journalière		
	été	hiver	année	été	hiver	année
Mortalité toutes causes	1015	1120	2135	2,8	3,1	2,9
Mortalité cardiovasculaire	313	359	672	0,9	1,0	0,9
Mortalité respiratoire	66	84	150	0,2	0,2	0,2

Les informations relatives à la morbidité hospitalière (hospitalisations de plus de 24 heures) sont complètes pour les années 2000 à 2002. Elles sont issues de l'extraction des bases PMSI du CHU d'Amiens, de la Polyclinique de Picardie et de la clinique V. Pauchet (tableau 18).

Tableau 18 : Nombre d'admissions hospitalières sur la zone d'étude de 2000 à 2002

	Motifs respiratoires		Motifs cardiovasculaires	Motifs cardiaques	
	15-64 ans	= 65 ans	Tous âges	< 65 ans	= 65 ans
3 Années	1590	338	6469	1532	2794
Etés	794	158	3081	773	1362
Hivers	796	180	3388	759	1432

4.3 Caractérisation du risque à court terme

Pour l'année considérée, l'impact sanitaire est calculé pour chaque indicateur de pollution atmosphérique par rapport à une exposition à un niveau faible de pollution.

Les niveaux de référence choisis pour cette étude sont de 40 µg/m³ pour l'ozone et de 10 µg/m³ pour les autres indicateurs de pollution.

Les nombres de cas attribuables calculés pour chaque indicateur d'exposition ne sont pas cumulables et le nombre réel de cas attribuables est au moins égal à la valeur maximale observée parmi les différentes estimations. Les résultats présentés indiquent donc le nombre de cas attribuables le plus élevé pour chaque indicateur sanitaire parmi ceux calculés pour l'ensemble des polluants étudiés. Les résultats obtenus pour chaque polluant sont présentés en annexe VI.

Seuls les résultats significatifs sont présentés par leur estimation centrale et l'intervalle de confiance à 95%.

4.3.1 Estimation de l'impact sanitaire

Sur la mortalité anticipée

Le nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique pour les années 2000 et 2001 est représenté dans le tableau 19.

A titre indicatif, l'ozone est l'indicateur d'exposition qui a le plus d'impact sur la mortalité anticipée.

Tableau 19 : Nombre de décès anticipés, pour deux ans, attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de l'indicateur sanitaire étudié

Indicateur sanitaire d'exposition	Nombre de décès attribuables
Mortalité toutes causes	28,4 [12,1 – 40,8]
Mortalité respiratoire	6,7 [3,3 – 10,7]
Mortalité cardiovasculaire	13,8 [4,9 - 22,9]

Sur la zone étudiée, le nombre total de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique sur les années 2000-2001 est de 28,4 décès dont 13,8 décès par mortalité cardiovasculaire et 6,7 décès par mortalité respiratoire.

Sur la morbidité hospitalière

Pour les admissions hospitalières cardiovasculaires, le calcul est effectué sur l'ensemble de la population tous âges confondus. Pour les admissions respiratoires, le calcul est effectué pour deux tranches d'âge : 15-64 ans et 65 ans et plus. Enfin, pour les admissions cardiaques, le calcul est effectué pour l'ensemble de la population et ensuite différencié pour la tranche d'âge des 65 ans et plus (tableau 20).

Tableau 20 : Nombre d'hospitalisations attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée (2000-2002).

Indicateur sanitaire d'exposition	Nombre de cas attribuables et IC 95%
Morbidité respiratoire	
- 15-64 ans	14,5 [-7,1 – 36,7]
- 65 ans et plus	24,3 [12,1 – 43,0]
Morbidité cardiovasculaire	75,4 [44,7 – 106,2]
Morbidité cardiaque	
- tous âges	22,0 [8,8 – 35,3]
- 65 ans et plus	19,9 [11,4 – 28,5]

Sur la période 2000 - 2002, l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique est de 24,3 [12,1 – 43] pour pathologies respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus (le nombre de cas attribuables pour la mortalité respiratoire chez les 15-64 ans n'est pas significatif).

Les admissions hospitalières pour motif cardiaque attribuables à la pollution atmosphérique représentent pour ces 3 années, sont de 22 [8,8 – 35,3], ces chiffres sont du même ordre que le nombre d'admissions hospitalières calculées pour les personnes âgés de 65 ans et plus (19,9 [11,4 – 28,5]) s'expliquant par le fait que cette population est à l'origine d'une grande partie des hospitalisations cardiaques.

4.3.2 Impact sanitaire par niveau de pollution

La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition peut être représentée sous forme graphique. Quel que soit le couple indicateur d'exposition/indicateur sanitaire observé, si les jours les plus pollués ont un impact sanitaire plus important, leur faible fréquence en limite l'effet sur la période d'étude. La figure 5 illustre ainsi la contribution des pics de pollution à l'impact sanitaire en terme de mortalité toutes causes entre 2000 et 2001.

La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition est représentée pour la mortalité sur la figure 6.

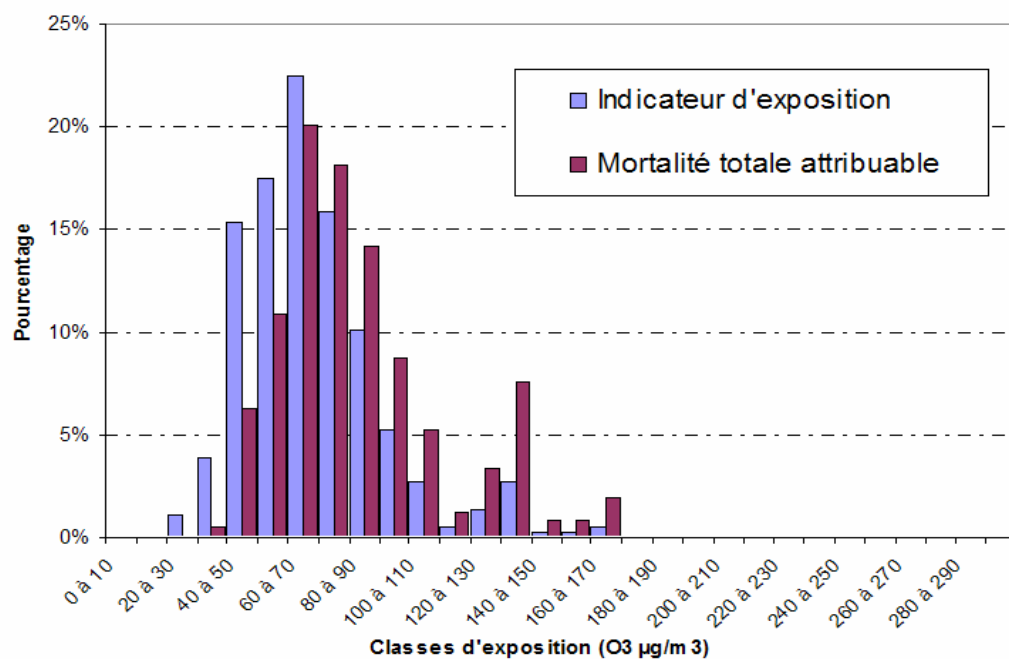
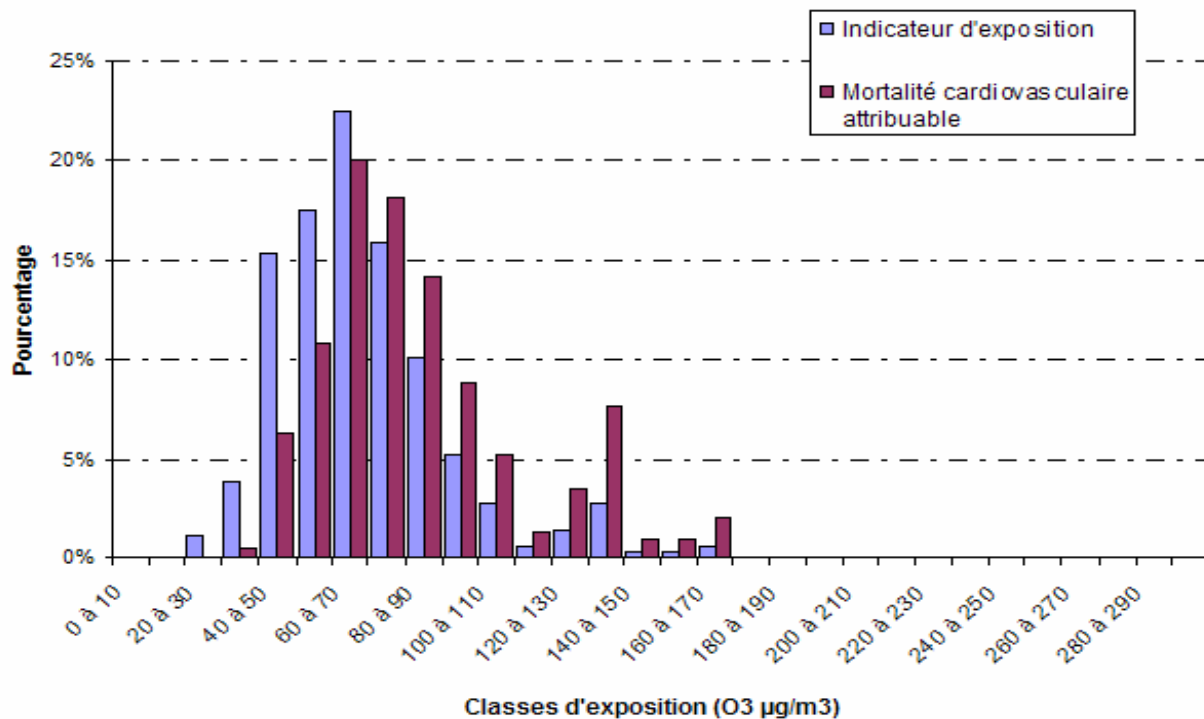


Figure 6 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers à l'ozone et de l'impact sanitaire associé (mortalité toutes causes, Amiens, 2000-2001).

Concernant l'exposition à l'ozone, les niveaux d'exposition respectant l'objectif de qualité de 110 µg/m³ sont responsables de 84 % des décès anticipés.



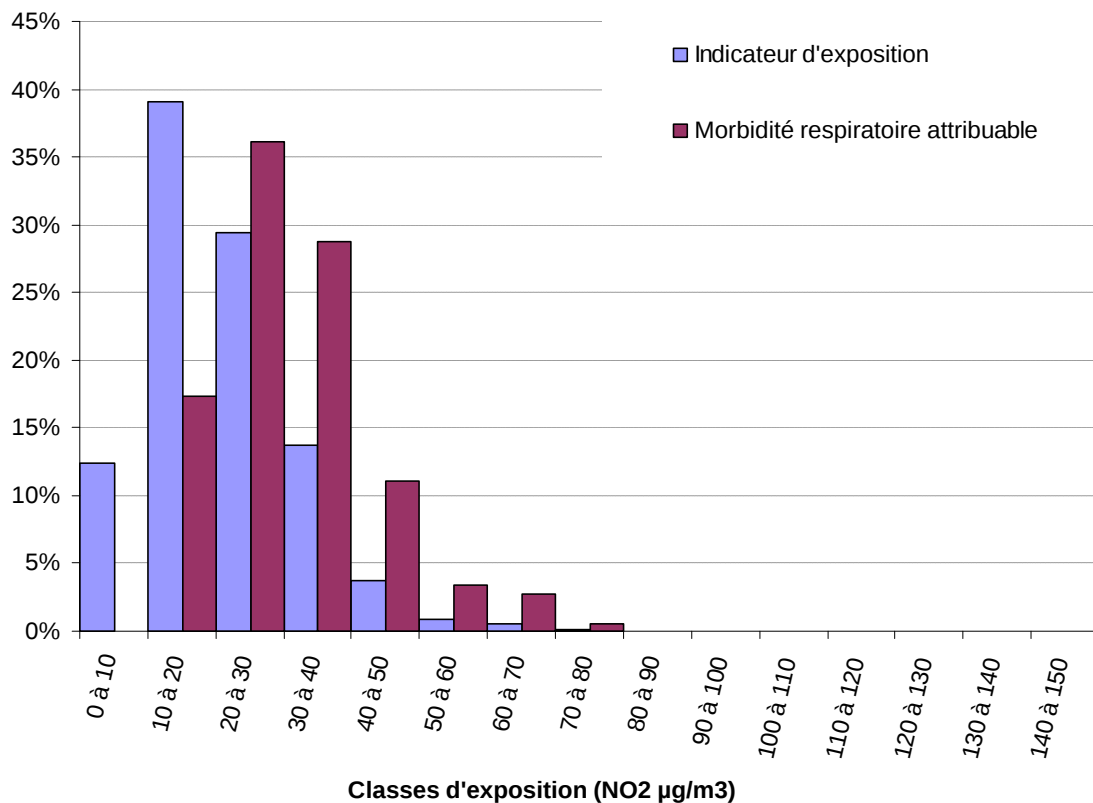


Figure 8 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au dioxyde d'azote et de l'impact sanitaire associé sur la morbidité respiratoire des plus de 65 ans, Amiens, 2000 – 2002.

L'objectif de la qualité de 40 µg/m³ pour le dioxyde d'azote est respecté durant 96 % de la période. Les niveaux d'exposition respectant l'objectif de la qualité sont responsables de 78 % des admissions hospitalières pour cause respiratoire chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

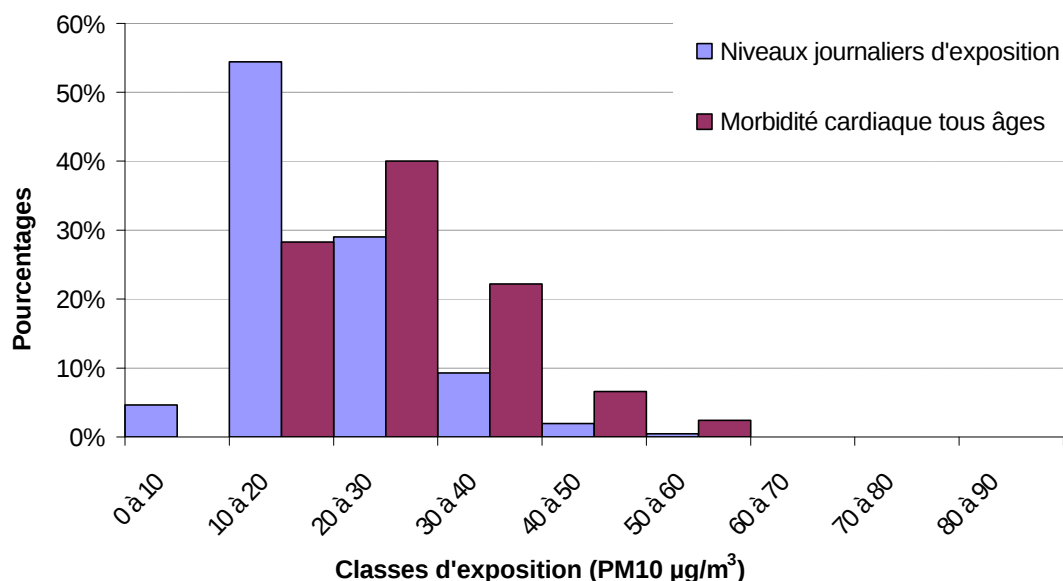


Figure 9 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au PM10 et impact sanitaire associé (morbidité cardiaque, Amiens, 2000 - 2002)

En ce qui concerne les PM10, l'objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est respecté 80% de l'année. Le non respect de la norme, en moyenne annuelle, correspond à un tiers de l'impact sanitaire associé.

4.3.3 Calcul des gains sanitaires liés à une baisse de la pollution atmosphérique

Les gains sanitaires sont calculés pour deux scénarii différents :

Scénario 1 : gain sanitaire lié à la diminution des niveaux dépassant les valeurs réglementaires en vigueur pour chaque polluant [10] :

- indicateur O_3 : $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures ;
- indicateur NO_2 : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle ;
- indicateur PM10 : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de x % de la moyenne annuelle pour chaque polluant : le niveau de référence choisi est une diminution de 25 % pour chaque polluant.

Gains sanitaires pour la mortalité anticipée

Quelque soit l'indicateur de mortalité observé, le gain sanitaire obtenu par le scénario 2 est toujours supérieur au gain sanitaire obtenu par le scénario 1 (tableau 21).

Tableau 21 : Nombre de décès évités en deux ans suivant les scénarii de diminution de la pollution de l'air, Amiens, 2000-2001.

Indicateur sanitaire d'exposition	Nombre de cas évitables en 2 ans
Mortalité totale	
- Scénario 1	1,1 [0,5 – 1,6]
- Scénario 2	12,3 [5,2 – 17,6]
Mortalité respiratoire	
- Scénario 1	0,3 [0,1 – 0,4]
- Scénario 2	2,8 [1,4 – 4,5]
Mortalité cardiovasculaire	
- Scénario 1	0,6 [0,2 - 0,9]
- Scénario 2	5,9 [2,1 – 9,7]

Le gain sanitaire attendu, correspondant au nombre de cas de décès anticipés évitables par la mise en place des scénarios 1 ou 2 peut être représenté sous forme graphique pour chaque scénario comme l'illustre la figure 9.

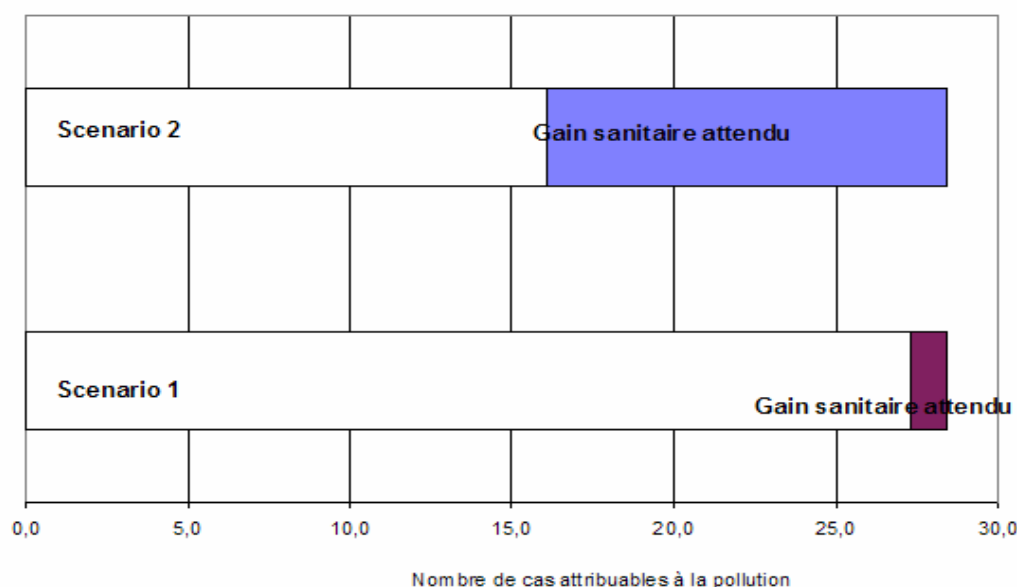


Figure 10 : Gains sanitaires concernant la mortalité anticipée toutes causes (Amiens, 2000-2001).

Si la mise en application du scénario 1 ne permet qu'un gain sanitaire de l'ordre de 4%, le gain en terme de mortalité obtenu en appliquant le 2^{ème} scénario est de l'ordre de 44% avec 6,2 décès évitables sur les 14,2 décès imputables à la pollution atmosphérique chaque année.

Gains sanitaires pour la morbidité

Comme précédemment, les gains sanitaires calculés pour les différents indicateurs de morbidité sont plus importants lorsqu'on applique le scénario 2 aux différents polluants impliqués, les résultats sont présentés pour chaque indicateur sanitaire dans le tableau 22.

Tableau 22 : Nombre d'admissions hospitalières évitées suivant les scénarii de diminution de la pollution de l'air pour 3 ans, Amiens, 2000-2002.

Indicateurs sanitaires d'exposition		Nombre de cas évitables en 3 ans
Morbidité respiratoire 65 ans et plus		
	- Scénario 1	1,0 [0,5 – 1,8]
	- Scénario 2	13,2 [6,6 – 23,2]
Morbidité cardiovasculaire		
	- Scénario 1	2,9 [1,8 – 4,1]
	- Scénario 2	34,4 [20,4 – 48,3]
Morbidité cardiaque		
Tous âges	- Scénario 1	1,9 [0,8 – 3,0]
	- Scénario 2	10,8 [4,3 – 17,3]
65 ans et plus	- Scénario 1	1,7 [1,0 – 2,4]
	- Scénario 2	9,7 [5,6 – 13,9]

L'efficacité des scénarii est illustrée sous forme graphique (figures 11 à 13).

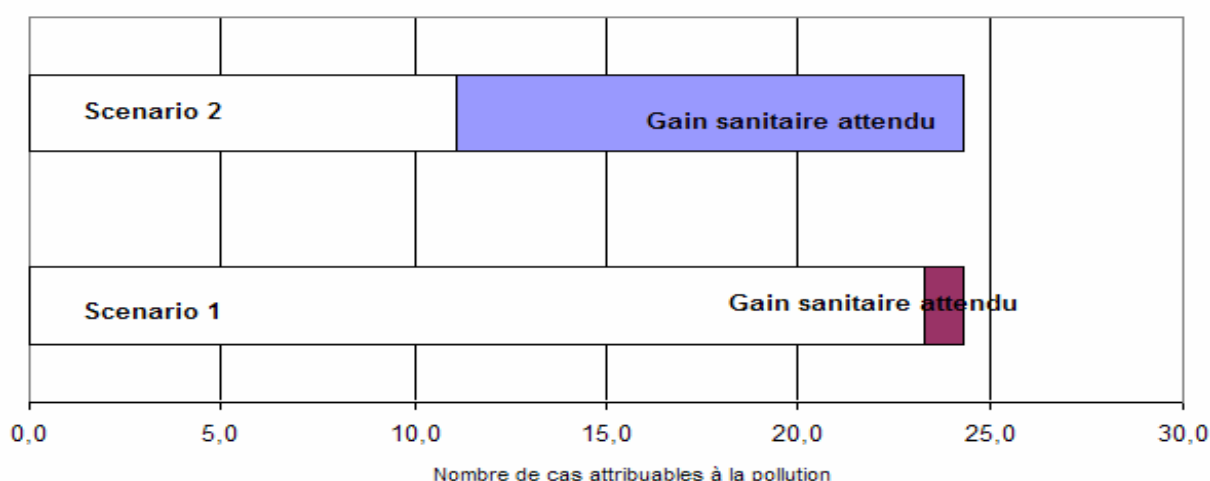


Figure 11 : Gain sanitaire concernant la morbidité respiratoire chez les sujets âgés de plus de 65 ans sur trois ans (Amiens, 2000 - 2002).

Si l'application du scénario 1 ne permet qu'un gain sanitaire de l'ordre de 4%, le gain en terme de morbidité respiratoire des personnes de plus de 65 ans obtenu en appliquant le 2^{ème} scénario est de l'ordre de 54% avec 4,4 admissions hospitalières pour cause respiratoire évitables sur les 8,1 admissions imputables à la pollution atmosphérique chaque année.

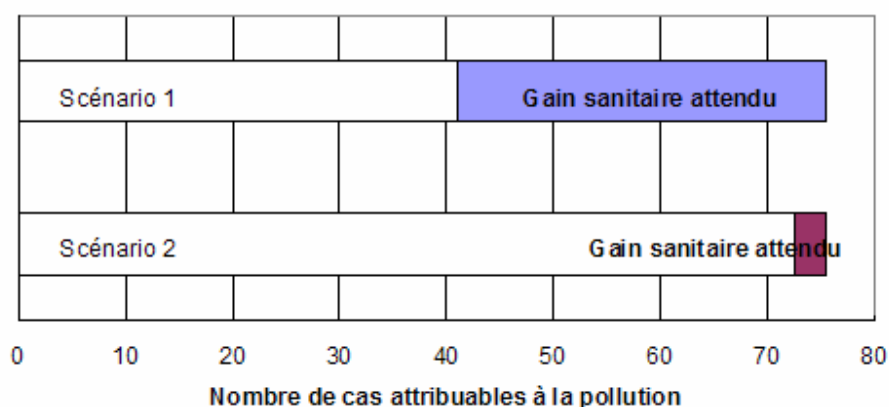


Figure 12 : Gains sanitaires concernant la morbidité cardiovasculaire, sur trois ans (Amiens, 2000 - 2002).

La mise en oeuvre du scénario 1 ne permet un gain sanitaire de l'ordre de 4% sur la morbidité cardiovasculaire. Le gain en terme de morbidité obtenu en appliquant le 2^{ème} scénario est de l'ordre de 45% avec 11,4 admissions hospitalières pour cause cardiovasculaire évitables sur les 25,1 admissions imputables à la pollution atmosphérique chaque année.

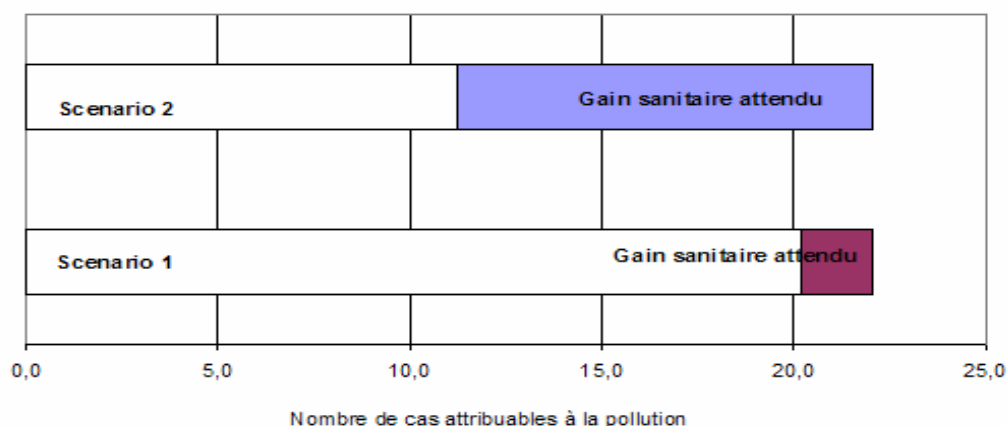


Figure 13 : Gains sanitaires concernant la morbidité cardiaque tous âges sur trois ans (Amiens, 2000-2002).

L'application du scénario 1 permet un gain sanitaire sur les admissions pour cause cardiaque de l'ordre de 8%. Le gain en terme de morbidité obtenu en appliquant le 2^{ème} scénario est de l'ordre de 49% avec 3,6 admissions hospitalières pour cause cardiaque évitables sur les 7,3 admissions imputables à la pollution atmosphérique chaque année.

4.4 Caractérisation du risque à long terme

Pour caractériser le risque sanitaire à long terme, l'indicateur retenu est la mortalité toutes causes.

L'impact sanitaire est mesuré selon quatre scénarii de réduction des niveaux d'exposition aux PM10. Les scénarii retenus et les résultats obtenus après simulation de ces scénarii sont présentés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Nombre annuel de décès attribuables (NA) à la pollution atmosphérique pour les quatre scénarii de l'EIS long terme appliqués.

RESULTATS	Pour une année		
	NA	IC	95%
Scénario 1 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle au niveau de la norme européenne 2005 de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00	0,00	0,00
Scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle au niveau de la norme européenne 2010 de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,02	0,01	0,03
Scénario 3 : gain sanitaire lié à la diminution de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle	22,08	13,40	36,15
Scénario 4 : gain sanitaire attribuable à une diminution des niveaux de 25%	21,18	12,85	29,96

Les gains sanitaires obtenus avec le premier et le deuxième scénario sont nuls puisque la moyenne annuelle de 20,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ observée sur la période 2000 et 2001, est inférieure à la norme européenne applicable en 2005 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et égale à celle applicable en 2010 (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le scénario 3, consistant à diminuer la moyenne actuelle de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, c'est à dire à atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de 15,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, permettrait un gain sanitaire de 22,1 décès évitables chaque année [13,4 – 31,5]. Enfin, la diminution de 25% de la pollution moyenne actuelle qui conduirait à atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, représente un scénario proche qui permettrait un gain sanitaire annuel de 21,2 décès évitables [12,9 – 29,9].

5 Discussion

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique, même à des niveaux faibles de pollution, ont fait l'objet de nombreuses études au cours des 15 dernières années. L'évaluation de l'impact sanitaire (EIS) ne vise pas à démontrer ces effets mais à les quantifier au niveau local.

Les résultats de cette étude doivent être interprétés en tenant compte des hypothèses, limites et incertitudes liées à la démarche d'une EIS qui entraînent le plus souvent une sous-estimation de l'impact sanitaire global.

5.1 Hypothèses, limites et incertitudes

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur la zone d'étude comprenant l'agglomération d'Amiens a été menée en suivant la méthodologie proposée par le guide de l'InVS, actualisé en mars 2003. Les quatre étapes de la démarche décrite dans le guide ont été réalisées : identification des dangers, choix des relations exposition-risque, estimation de l'exposition et caractérisation du risque.

La validité des résultats obtenus doit prendre en compte les hypothèses formulées en amont de l'évaluation, ainsi que les erreurs et incertitudes liées à chaque étape de la démarche.

5.1.1 Identification des dangers

Cette première étape présente des limites qui sont à l'origine d'une sous-estimation de l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique :

- L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en terme de morbidité ne prend en compte que les effets ayant nécessité une hospitalisation. Les effets respiratoires traités en ambulatoire ne sont pas pris en compte alors qu'ils représentent une fraction importante de la population présentant des troubles respiratoires ;
- Les polluants retenus pour estimer l'exposition ne représentent qu'une fraction des substances chimiques responsables de la pollution atmosphérique ;
- La pollution de l'air à l'intérieur des locaux n'est pas prise en compte pour estimer l'exposition de la population; seule est étudiée la pollution atmosphérique extérieure de fond.

5.1.2 Relations exposition-risque

La démarche d'une EIS implique de conserver, à chaque étape, la plus grande adéquation entre les caractéristiques de l'EIS et celles des études épidémiologiques ayant produit les fonctions exposition-risque.

Les courbes exposition-risque fondées sur des observations épidémiologiques à des faibles niveaux d'exposition ont été obtenues à partir d'une zone géographique différente de notre zone

d'étude qui peut être soumise à une pollution atmosphérique différente de celle observée dans notre zone d'étude.

L'utilisation des courbes exposition-risque obtenues lors des dernières études européennes (APHEA2) et française (PSAS9) pour l'estimation des impacts à court terme limite cet inconvénient. En effet, ces études ont notamment montré la cohérence des relations exposition-risque retenues dans plusieurs villes d'Europe sur la mortalité et les admissions pour motif respiratoire et en France sur la mortalité, quelles que soient les caractéristiques locales.

Les incertitudes liées à l'utilisation des fonctions exposition-risque pour la mortalité totale à long terme sont plus importantes. En effet, ces fonctions ont été établies pour des populations américaines potentiellement différentes en terme de causes de mortalité, d'exposition et de caractéristiques socio-démographiques.

5.1.3 Estimation de l'exposition

Une des limites de cette étude est que sur la période étudiée, le réseau de mesure ne disposait pas de station de mesures de la pollution de fond située sur la commune d'Amiens. L'estimation de la pollution a été faite par les stations de mesure périurbaines et une station de proximité trafic. Pour les particules, une station trafic a été retenue dans l'indicateur d'exposition car elle était très bien corrélée et que ses niveaux étaient proches des deux stations périurbaines de fond. L'expérience montre que pour l'ozone et les particules, les corrélations sont souvent bonnes et les niveaux proches entre les stations urbaines et périurbaines. Par contre, pour le dioxyde d'azote, des niveaux plus hétérogènes peuvent être rencontrés.

Ainsi, pour le dioxyde d'azote, l'indicateur a été construit uniquement à partir d'une des deux stations périurbaines. Ceci a certainement conduit à sous estimer l'exposition de fond au dioxyde d'azote et par la suite à minorer l'impact sanitaire.

La mise en fonctionnement récente d'une station urbaine de fond sur Amiens par le réseau AtmoPicardie devrait permettre de mieux renseigner les expositions de fond des habitants d'Amiens aux polluants atmosphériques, en particulier pour le dioxyde d'azote.

En outre, le niveau moyen de pollution sur la zone d'étude est calculé à partir des valeurs enregistrées par les stations de mesure. Il est donc dépendant de l'implantation de ces capteurs. De ce fait, une implantation différente des capteurs aurait pu conduire à une mesure des niveaux d'exposition différente.

De plus, suite aux déplacements personnels ou professionnels, une partie de la population peut s'absenter de la zone d'étude. De même, la zone d'étude retenue peut être une zone attractive importante pour une population ne résidant pas dans la zone d'étude définie. Il apparaît donc que les incertitudes liées aux mouvements de population peuvent conduire selon les cas à surestimer ou sous-estimer l'impact sanitaire.

5.1.4 Caractérisation du risque

Cette étude a été réalisée en utilisant la méthode de caractérisation du risque issu du guide méthodologique de l'InVS.

La caractérisation du risque s'appuie sur la mise en relation des indicateurs d'exposition avec les indicateurs sanitaires disponibles.

Le dénombrement des admissions hospitalières est limité par leurs regroupements en grandes catégories de diagnostic et par les erreurs de diagnostic et/ou de codage.

La non prise en compte par le PMSI des admissions aux urgences conduit également à sous estimer le nombre d'évènements sanitaires et donc l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

5.2 Interprétation des résultats

Compte tenu des incertitudes et limites présentées ci-dessus, les résultats doivent être interprétés comme des ordres de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population de la zone d'étude définie. Il s'agit d'une estimation basée sur les acquis scientifiques actuels et les données locales disponibles.

Le calcul d'un risque attribuable à un facteur de risque nécessite que la relation entre l'exposition au facteur de risque et la maladie soit de nature causale. La confrontation des nombreux résultats épidémiologiques aux critères de causalité habituellement retenus a permis de conclure que la pollution atmosphérique constitue bien un facteur de risque pour la santé de nature causale.

Dans la mesure où la population est exposée à un ensemble de polluants pour lesquels aucun indicateur n'est totalement spécifique, les impacts estimés par indicateur de pollution ne s'additionnent pas. Ainsi, si les polluants ont une toxicité propre, ils sont avant tout les indicateurs d'un mélange chimique complexe. La notion de risque attribuable doit donc s'entendre comme étant une estimation du risque associé à la pollution atmosphérique urbaine, facteur de risque supposé causal, approché indirectement par les indicateurs de pollution. Une action visant à réduire le niveau d'un indicateur sans réduction de la pollution globale ne produirait donc pas les effets positifs escomptés. Une politique de réduction des risques ne peut être envisagée qu'au travers d'une approche globale (réduction des émissions liées à l'ensemble des sources), la pollution atmosphérique dans son ensemble constituant le facteur de risque à maîtriser.

L'estimation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à court terme se traduit par un nombre de décès anticipés attribuables à un différentiel de pollution donné au cours d'une année. Le nombre de décès anticipés calculé ne s'interprète pas comme un excès absolu de mortalité mais comme une estimation du nombre d'individus qui ont vu, au cours de l'année étudiée, leur espérance de vie réduite et qui sont décédés prématurément.

6 Conclusion

6.1 Un impact collectif à court terme non négligeable

Sur une année, l'impact total de la pollution atmosphérique pour Amiens, évalué par rapport à une situation théorique de référence, a été estimé à 15 décès anticipés et 38 admissions hospitalières (dont 25 admissions pour motif cardiovasculaire et 13 admissions pour motif respiratoire). Il s'agit là d'un ordre de grandeur mais ces chiffres indiquent que la pollution atmosphérique exerce des effets sur la santé d'une population, même pour des niveaux modérés de pollution, situés en deçà des normes. Ce résultat traduit que même si les risques relatifs sont modestes, la proportion importante de personnes exposées aboutit à un impact non négligeable.

Cette EIS permet de présenter des résultats directement compréhensibles, en nombre d'événements attribuables, pour une prise de décision fondée sur la comparaison de l'efficacité, en terme de santé publique, de différents stratégies d'amélioration de la qualité de l'air.

6.2 Un impact sanitaire à long terme mesurable

Cette étude, grâce au nouveau guide de l'InVS, permet d'estimer l'impact à long terme selon différents scénarii de réduction de la pollution atmosphérique. La moyenne annuelle en PM₁₀ est de 20 µg/m³. La norme européenne de 2010 est d'ores et déjà respectée. Une diminution de 5 µg/m³ (soit environ 25%) de la moyenne actuelle permettrait d'éviter environ 22 décès par an.

6.3 Des stratégies de réduction des émissions plus ou moins efficaces

Les épisodes de pollution atmosphérique dépassant les seuils réglementaires de recommandations monopolisent souvent l'attention et sont perçus comme des situations « d'alerte sanitaire ». Or, si les jours de « forte » pollution sont ceux dont l'impact journalier est le plus important, leur faible fréquence leur fait jouer un rôle limité si l'on observe l'impact sanitaire de la pollution de l'air sur une année entière. Cette étude montre que les effets sanitaires apparaissent déjà à des niveaux de pollution bien inférieurs à ceux pour lesquels des actions sont mises en place actuellement.

Le gain sanitaire associé à différents scénarii de réduction des émissions polluantes permet de comparer l'impact d'une diminution des niveaux quotidiens de pollution atmosphérique à celui d'une suppression des « pointes » de pollution.

Actuellement les niveaux de pollution sur Amiens, dépassent rarement les seuils d'intervention. Les gains attribuables à une suppression des pointes de pollution sont donc quasi nuls. Cependant, une réduction du niveau annuel moyen de pollution de 25% s'accompagnerait d'une réduction de 44% de la mortalité toutes causes confondues et d'une réduction de 50% des hospitalisations dues à la pollution atmosphérique.

Les actions les plus efficaces seront donc celles qui viseront à réduire les émissions à la source, de façon quotidienne. La pollution atmosphérique sur Amiens étant due principalement au transport routier, ce sont les émissions automobiles dans leur ensemble qu'il faudrait réduire.

Suite à une demande locale et en raison de la pollution atmosphérique relativement peu élevée et de la crainte possible d'une augmentation du trafic automobile, il a semblé intéressant de présenter l'estimation de cas supplémentaires attribuables à une éventuelle dégradation de la pollution de l'air, sur la zone d'étude d'Amiens (Annexe VII).

6.4 Un réseau de surveillance qui s'équipe en station de fond

Une partie des capteurs qui sont installés sur l'agglomération d'Amiens ont pour but de mesurer la pollution industrielle et automobile. Or pour réaliser une étude d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, il est préconisé [2] d'utiliser les données des capteurs de fond (urbains ou périurbains).

L'utilisation des données des stations de fond existantes, périurbaines, pour la réalisation de cette étude, ne nous permet pas de s'assurer que la pollution mesurée reflète celle de toute la zone d'étude.

D'après le réseau de surveillance de la qualité de l'air AtmoPicardie, un capteur de fond a été mis en place à la mi 2004 sur la commune d'Amiens. Il pourrait être envisagé d'implanter un second capteur urbain de fond sur Amiens, mesurant l'ozone, le dioxyde d'azote et les particules, afin d'assurer une meilleure représentativité géographique. Ceci devrait permettre de mieux caractériser l'exposition de fond des amiénois et à terme d'améliorer l'évaluation de l'impact sanitaire attribuable à la pollution atmosphérique sur Amiens.

7 Références

- [1] Direction régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement de Picardie. Plan Régional de la Qualité de l'Air de Picardie. 2002. [en ligne : <http://www.picardie.drire.gouv.fr/environnement/prqa/internet%20PRQA.htm>]
- [2] Pascal L., Cassadou S. Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine; actualisation du guide méthodologique. Institut de veille sanitaire, 31p, 2003.
- [3] Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001; 12(5):521-531.
- [4] Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain- PSAS9 phase II. Institut de veille sanitaire, 2002.
- [5] Spix C, Anderson HR, Schwartz J, Vigotti MA., Le Tertre A, Vonk JM et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. *Arch Environ Health* 1998; 53(1):54-64.
- [6] Atkinson R, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM 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 Respir Crit Care Med* 2001;(164):1860-1866.
- [7] Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : guide méthodologique. Institut de veille sanitaire, 1999.
- [8] Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health* 2002; 56(10):773-779.
- [9] Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356(9232):795-801.
- [10] AtmoPicardie, Etude de la pollution par le dioxyde d'azote sur Amiens Métropole, 108 p, 2000.

8 Annexes

ANNEXE I : Fiche communale d'Amiens

ANNEXE II : Navettes domicile travail

ANNEXE III : Carte du secteur sanitaire d'Amiens, liste des hôpitaux retenus dans l'étude et attractivité hospitalière

ANNEXE IV : Récapitulatif des différentes valeurs enregistrées par les stations de mesure utilisées par AtmoPicardie,

ANNEXE V : Distribution des indicateurs d'exposition pour les stations retenues.

ANNEXE VI : Nombre de décès anticipés et d'admissions hospitalières par indicateur de pollution et pour chaque indicateur sanitaire

ANNEXE VII : Estimation des pertes sanitaires dans le cadre d'une éventuelle dégradation de la qualité de l'air

ANNEXE I

Fiche communale (source : INSEE)

Code géographique : 80 021

Commune : Amiens

Département : Somme

AIRE URBAINE : 032

Catégorie : Pôle urbain

Tranches d'aires urbaines : 8 (200 000 à 499 000 habitants)

UNITE URBAINE : 80 601

Catégorie : 21 (Ville centre)

Tranches d'unités urbaines : 6 (100 000 à 199 000 habitants)

L'unité urbaine d'Amiens a pour centre ville Amiens et pour communes de banlieue : Cagny, Camon, Dreuil-lès-Amiens, Dury, Longueau, Pont-de-Metz, Rivery, Saleux et Salouel.

ANNEXE II

Navettes domicile - travail chez les actifs avec emploi de la zone d'étude.

Commune	Population active avec emploi	Navette dans la même commune	Navette hors commune mais même unité urbaine	% dans la même commune	% même unité urbaine	% même commune ou unité urbaine
Amiens	47 277	37 549	2 811	79,4%	5,9%	85,4%
Camon	1 799	311	1 263	17,3%	70,2%	87,5%
Salouel	1 234	219	839	17,7%	68,0%	85,7%
Pont-de-metz	708	83	542	11,7%	76,5%	88,2%
Saleux	1 076	203	731	18,9%	67,9%	86,8%
Rivery	1 274	218	854	17,1%	67,0%	84,1%
TOTAL	53 368	38 583	7 030	72,3%	13,1%	85,5%

ANNEXE III

Liste des établissements de santé retenus pour l'étude sur la région d'Amiens

N° FINESS	Raison sociale	Ville	Caractéristiques
80 000 0044	CHU Amiens	Amiens	Centre Hospitalier, médecine, chirurgie, obstétrique
80 000 9466	Polyclinique de Picardie	Amiens	Privé sous OQN, chirurgie
80 000 9706	SARL de Cardiologie	Amiens	Privé sous OQN, médecine
80 000 9920	Clinique Pauchet de Butler	Amiens	Privé sous OQN, médecine, chirurgie

Source : ARH Picardie (www.parhtage.sante.fr)

NB: La SARL de cardiologie est rattachée à la Polyclinique de Picardie, les informations médicales sont collectées par le même DIM.

ANNEXE IV

Moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des différents polluants surveillés pour chaque capteur de l'agglomération d'Amiens ;

Ozone, moyenne mensuelle* en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lieu	Stations			
	Pace Vogel, Amiens proximité trafic	CCI, Rue de Noyon, Amiens proximité trafic	Rue Roger Salou, Camon périurbain	Rue Anatole France, Salouel périurbain
Type				
2000	31	30	33	40
2001	-	34	37	40
2002	-	37	40	42
2003	-	38	45	42

* sur les données horaires et non sur le maximum de la moyenne glissante sur 8 heures.

Dioxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lieu	Stations			
	Pace Vogel, Amiens proximité trafic	CCI, Rue de Noyon, Amiens proximité trafic	Rue Roger Salou, Camon périurbain	Rue Anatole France, Salouel périurbain
Type				
2000	31	43	22	16
2001	-	41	22	17
2002	-	45	20	17
2003	-	56	30	21

Monoxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lieu	Stations			
	Pace Vogel, Amiens proximité trafic	CCI, Rue de Noyon, Amiens proximité trafic	Rue Roger Salou, Camon périurbain	Rue Anatole France, Salouel périurbain
Type				
2000	20	30	18	7
2001	-	35	14	9
2002	-	46	18	8
2003	-	64	20	10

Dioxyde de soufre, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Lieu	Stations			
	CCI, Rue de Noyon, Amiens proximité trafic	DRIRE, rue Alexandre Dumas, Amiens périurbain	Rue de Voltaire, Amiens urbain	Amiens Nord, Avenue de la Paix, Amiens urbain
Type				
2000	2	8	2	2
2001	2	8	2	-
2002	3	4	1	-
2003	-	3	-	-

Poussières en suspension, moyenne mensuelle en microg/m³

Lieu	Stations		
	CCI, Rue de Noyon, Amiens proximité trafic	Rue Roger Salou, Camon périurbain	Rue Anatole France, Salouel périurbain
Type			
2000	24	18	18
2001	24	17	18
2002	24	19	19
2003	26	22	21

ANNEXE V

Distribution de l'indicateur d'exposition à l'O₃ en µg/m³ par station, Amiens, 2000-2003

	Noyon	Camon	Salouel	Place Vogel*
Moyenne	63,0	66	76,0	59,0
Médiane	60,0	63	73,5	55,8
Ecart type	22,6	25,4	23,8	18,5
Centile 5	32	31,3	46,2	33,9
Centile 25	48,1	50,2	59,1	47,0
Centile 75	75,2	79,1	87,1	78,1
Centile 95	108,5	119,5	125,3	126,3
Minimum	19	11,3	25,4	17,6
Maximum	160,3	152,4	167,2	123,0
% V.M.	0,3	7	0,2	4,2

*année 2000 seulement

Tableau : Coefficients de corrélation des stations de mesure de l'ozone (2000-2003).

O ₃	Noyon	Camon	Salouel	Vogel
Noyon	1	0,89	0,94	0,83
Camon	-	1	0,86	0,56
Salouel	-	-	1	0,59
Vogel	-	-	-	1

Distribution de l'indicateur d'exposition NO₂ en µg/m³ par station, Amiens, 2000-2001

	Noyon	Camon	Salouel
Moyenne	42,2	22,1	16,3
Médiane	40,3	20,7	13,6
Ecart type	15,6	11,3	10,7
Centile 5	22,5	7,4	3,4
Centile 25	33,2	14,1	8,7
Centile 75	48,9	27,7	21,4
Centile 95	66,5	42,5	37,6
Minimum	8,1	1,0	0,0
Maximum	189,0	73,3	65,0
% V.M.	0	6,2	0

Tableau : Coefficients de corrélation des stations de mesure du dioxyde d'azote (2000-2003).

NO ₂	Noyon	Camon	Salouel
Noyon	1	0,75	0,70
Camon	-	1	0,89
Salouel	-	-	1

Distribution de l'indicateur d'exposition SO₂ en µg/m³ par station, Amiens.

	Amiens Nord	Voltaire	Noyon	DRIRE
Période	2000-2001	2000-2002	2000-2002	2000-2003
Moyenne	2,0	1,8	2,6	6,1
Médiane	1,0	1,3	2,0	5,5
Ecart type	3,0	1,9	2,5	5,2
Centile 5	0	0	0	1,1
Centile 25	17,2	0,4	0,7	2,3
Centile 75	2,4	2,6	3,7	8,7
Centile 95	7,4	5,6	7,1	16,6
Minimum	0	0	0	0
Maximum	22,5	15,1	18,6	37,3
% V.M.	0	0	0	1,5

Tableau : Coefficients de corrélation des stations de mesure du dioxyde de soufre (2000-2003).

	Amiens Nord¹	Voltaire²	Noyon³	DRIRE
Amiens Nord	1	0,66	0,37	0,63
Voltaire	-	1	0,34	0,53
Noyon	-	-	1	0,17
DRIRE	-	-	-	1

¹ série jusqu'à fin 2001

² série jusqu'à fin 2002

³ série jusqu'à juin 2003

Distribution de l'indicateur d'exposition PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par station, Amiens, 2000-2003

	Noyon	Camon	Salouel
Moyenne	24,4	19,0	19,1
Médiane	22,8	16,9	16,8
Ecart type	9,5	8,6	8,8
Centile 5	12,4	8,9	9,2
Centile 25	17,6	12,9	13,0
Centile 75	29,2	23,1	23,2
Centile 95	42,3	36,1	36,5
Minimum	5,8	2,8	3,5
Maximum	98,7	79,9	95,9
% V.M.	5,4	3,9	2,8

Tableau : Coefficients de corrélation des stations de mesure des particules (2000-2003).

PM10	Noyon	Camon	Salouel
Noyon	1	0,93	0,93
Camon	-	1	0,94
Salouel	-	-	1

ANNEXE VI

Nombre de décès anticipés par polluant pour chaque indicateur sanitaire et chaque saison étudiés, Amiens, 2000-2001.

Indicateur sanitaire d'exposition		Nombre de cas attribuables sur 2 ans et IC 95%	Nombre de cas annuels attribuables et IC 95%
Mortalité toutes causes			
	O ₃ années	28,9 [12,1 - 40,8]	14,5 [6,1 - 20,4]
	NO ₂ années	23,9 [16,7 - 31,1]	11,9 [8,4 - 15,5]
	PM10 années	12,7 [8,5 - 17,0]	6,4 [4,2 - 8,5]
Mortalité respiratoire			
	O ₃ année	6,7 [3,3 - 10,7]	3,4 [3,2 - 5,4]
	NO ₂ année	4,3 [1,6 - 6,9]	2,2 [0,8 - 3,5]
Mortalité cardiovasculaire			
	O ₃ année	13,6 [4,9 - 22,5]	6,8 [2,5 - 11,3]
	NO ₂ année	8,9 [3,7 - 13, 4]	4,5 [1,8 - 6,7]

Nombre d'admissions hospitalières par polluant pour chaque pathologie et chaque saison étudiée, Amiens, 2000-2002.

Indicateur sanitaire d'exposition		Nombre de cas attribuables sur 3 ans et IC 95%	Nombre de cas annuels attribuables et IC 95%
Morbidité respiratoire 15-64 ans			
	O ₃ années	14,5 [-7,1 - 36,7]	4,9 [-2,4 - 12,2]
	NO ₂ années	5,0 [-7,4 - 17,4]	1,6 [2,5 - 5,7]
Morbidité respiratoire 65 ans et plus			
	O ₃ années	24,3 [12,1- 43,0]	8,1 [4,0 - 14,3]
	NO ₂ années	8,3 [-8,3 - 25,2]	2,8 [-2,7 - 8,4]
	PM10 années	17,6 [11,7- 25,4]	5,8 [3,9 - 8,5]
Morbidité cardiovasculaire			
	NO ₂ hivers	51,4 [30 7 - 72,11]	17,1 [10,2 - 11,4]
	NO ₂ étés	24,0 [14,0 - 34,1]	8,0 [4,7 - 11,3]
Morbidité cardiaque tous âges			
	PM ₁₀ années	22,0 [8,8 - 35,3]	7,3 [2,9 - 11,7]
Morbidité cardiaque 65 ans et plus			
	PM ₁₀ années	19,9 [11,4 - 28,5]	6,6 [3,8 - 9,5]

ANNEXE VII

Evaluation de l'impact sanitaire attribuable à une éventuelle dégradation de la pollution atmosphérique sur Amiens.

La méthode d'évaluation de l'impact sanitaire a été établie afin d'aider la décision en matière de maîtrise de la pollution atmosphérique urbaine. Son objectif principal initial n'est pas d'estimer le nombre de cas additionnels attribuables à une dégradation de la pollution atmosphérique mais d'envisager les gains sanitaires qu'amènerait une réduction de la pollution. Suite à une demande locale et en raison de la pollution atmosphérique relativement peu élevée et de la crainte possible d'une augmentation du trafic automobile, il a semblé intéressant de présenter l'estimation de cas supplémentaires attribuables à une éventuelle dégradation de la pollution de l'air, sur la zone d'étude d'Amiens. Cette perte s'ajouterait à l'impact attribuable aux niveaux de pollution actuellement relevés sur Amiens.

Les deux scénarios testés sont une augmentation de 25 % puis de 50% de la pollution de l'air (tableaux 1 et 2).

Tableau 1 : Nombre annuel de décès additionnels liés à une dégradation de la qualité de l'air sur la zone d'étude d'Amiens.

PERTE SANITAIRE / an	Indicateur	scénario +25%			scénario +50%		
		NA	IC 95%		NA	IC 95%	
Mortalité toutes causes	O3	5,9	2,6	8,4	12	5,0	17
Mortalité cardiovasculaire	O3	2,8	1,0	4,5	5,4	2,0	8,7
Mortalité respiratoire	O3	1,3	0,7	2,1	2,6	1,3	4

NA : estimation du nombre attribuable

IC95% : intervalle de confiance à 95%

Tableau 2 : Nombre annuel de cas d'admissions hospitalières additionnels liés à une dégradation de la qualité de l'air sur la zone d'étude d'Amiens.

PERTE SANITAIRE / an	Indicateur	scénario +25%			scénario +50%		
		NA	IC 95%		NA	IC 95%	
Hospitalisation respiratoire 15-64 ans	O3	2,6	-1,3	6,5	5,2	-2,6	12,8
Hospitalisation respiratoires >65 ans	O3	4,2	2,1	7,3	8,3	4,2	13,9
Hospitalisation cardiovasculaire	NO2	11	6,7	15,8	22	13,3	30,7
Hospitalisation cardiaque tous âges	PM10	3,6	1,4	5,7	7,1	2,9	10,8
Hospitalisation cardiaque >65 ans	PM10	3,2	1,8	4,6	6,4	3,7	9,1

Le nombre de cas s'ajoute au nombre annuel de cas attribuable aux niveaux de pollution actuellement relevés sur Amiens (tableau 3). Ces chiffres sont uniquement à considérer comme un ordre de grandeur de l'impact.

Tableau 3 : Nombre total de cas attribuables à la qualité de l'air estimés en cas d'augmentation de 25% de la pollution atmosphérique (total = nombre de cas actuels + perte additionnelle).

Nombre total de cas / an	Si dégradation +25%		
	Nb total	IC 95%	
Mortalité toutes causes	20,3	8,6	28,8
Mortalité cardiovasculaire	6,1	2,6	9,8
Mortalité respiratoire	8,1	3,1	8,8
Hospitalisation respiratoires >65 ans	12,3	6,1	21,6
Hospitalisation cardiaque tous âges	10,9	4,3	17,4

9 Résumé

Présentation de l'étude

Quel est l'impact de la pollution de l'air sur la santé dans ma ville ?

C'est pour répondre à cette question que des Evaluations d'Impact Sanitaire (EIS) ont été réalisées dans plusieurs grandes agglomérations françaises. Les résultats d'une EIS donnent aux acteurs locaux (décideurs, associations, habitants, ...) un ordre de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique afin de fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air fondés sur des critères de santé publique. Elle est également un outil de planification et d'évaluation des politiques publiques puisqu'elle permet de mesurer l'efficacité des mesures de prévention.

Le plan régional pour la qualité de l'air fixe les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique. Il s'appuie autant que possible sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé publique.

C'est dans ce cadre que la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales a sollicité la Cellule InterRégionale d'Epidémiologie (CIRE) Nord Pas de Calais Picardie pour réaliser une évaluation de l'impact sanitaire sur l'agglomération amiénoise.

Méthode

La méthode utilisée est décrite dans le guide méthodologique de l'InVS (mars 2003). Elle repose sur le croisement des données de santé et des données de surveillance de la qualité de l'air mesurées sur la zone d'Amiens. Cette méthode permet de calculer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, à court terme, pour la mortalité non accidentelle et les admissions hospitalières pour motif respiratoire et cardiovasculaire et à long terme pour la mortalité anticipée (toutes causes sauf accidents). L'étude a été menée à partir des données des années 2000 à 2002, années pour lesquelles aucun épisode exceptionnel en matière de pics de pollution n'a été observé (cf. canicule 2003).

La zone d'étude retenue comporte six communes autour d'Amiens, ce qui représente une population de 151 538 habitants dont 19 359 âgés de plus de 65 ans. La zone respecte le principe de continuité urbaine et d'homogénéité des niveaux de pollution urbaine de fond. L'impact est estimé au travers de polluants traceurs de la pollution totale. Les indicateurs de pollution retenus sont : l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules de diamètre inférieur à 10 microns.

Résultats

Les résultats de l'EIS montrent que bien que l'agglomération d'Amiens ait une bonne qualité de l'air, la pollution atmosphérique a un impact non négligeable à court et à long terme sur la santé. Pour une année, et sur la zone d'étude définie autour d'Amiens, de 6 à 20 décès anticipés (toutes causes non accidentelles) sont attribuables à la pollution atmosphérique à court terme. En ce qui concerne les admissions hospitalières, on estime qu'entre 4 et 13 admissions pour motif respiratoire chez les plus de 65 ans sont attribuables à la qualité de l'air. Enfin on estime que de 15 à 22 admissions pour motif cardiovasculaire sont liés à la qualité de l'air chaque année (tableaux 1 et 2).

Tableau 1 : Impact annuel à court terme sur la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude et rapporté à 100 000 habitants, Amiens.

Indicateur sanitaire	Nombre moyen de cas estimés sur la zone d'Amiens	Nombre de cas/ an ramené à 100 000 habitants
Mortalité toutes causes sauf accident	14,2	9,4*
Mortalité cardiovasculaire tous âges	6,9	4,5
Mortalité respiratoire des plus de 65 ans (19 359 personnes sur la zone d'étude)	3,4	2,2**

Tableau 2 : Impact annuel à court terme sur les admissions hospitalières attribuables à la pollution atmosphérique sur Amiens.

Indicateur sanitaire	Nombre moyen de cas estimés sur la zone d'étude d'Amiens	Nombre de cas / 100000 hab de la même classe d'âge/ an
Morbidité respiratoire des plus de 65 ans (19 359 personnes sur la zone d'étude)	8,1	41,8
Morbidité cardiovasculaire tous âges (151 538 personnes sur la zone d'étude)	25,1	16,6

A long terme, si la pollution atmosphérique était réduite de 25%, il serait possible d'observer un gain sanitaire annuel de 14 à 31 décès évitables.

La comparaison des différents scénarii de réduction ou de dégradation de la pollution atmosphérique montre l'importance en terme de gain sanitaire à court terme de privilégier l'action visant une diminution des niveaux quotidiens de pollution atmosphérique plutôt que des actions visant à supprimer les pointes de pollution ponctuelles (tableau 3).

Tableau 3 : Gains sanitaires pour la mortalité à court terme, selon les actions de réduction de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude d'Amiens.

Indicateur sanitaire : Mortalité totale	Nombre moyen de cas évitables et intervalle de confiance à 95%
- Scénario 1 : suppression des pics de pollution	1,1 [0,5 – 1,6]
- Scénario 2 : diminution de -25% de la pollution	12,3 [5,2 – 17,6]