

Evaluation de l'Impact Sanitaire de la pollution atmosphérique sur le valenciennois de 1999 à 2001

Cette étude a été réalisée par :

François GANIAYRE – Programme de formation à l'épidémiologie de terrain
Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Nord/Picardie

Ont participé à la réalisation de cette étude :

Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Nord/Picardie
Christophe HEYMAN

AREMASSE

Claudie DRYZANSKI
Guillaume LECARPENTIER
Tiphaine DELAUNAY

Institut de Veille Sanitaire
Département Santé Environnement
Laurence PASCAL

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales du Nord/Pas-de-Calais
Laurent MAURIER
Michelle LEGRAND
Gérard MILLE

Sommaire

1. Acronymes.....	4
2. Contexte et objectifs	5
3. Description de la zone d'étude.....	5
3.1. Choix de la zone d'étude	5
3.2. Population et déplacements.....	8
3.2.1. Densités de population	8
3.2.2. Déplacements domicile- travail.....	10
3.2.3. Attractivité hospitalière.....	10
3.3. Sources de pollution	10
3.4. Surveillance de la qualité de l'air	11
4. Matériels et méthodes	13
4.1. Identifications des dangers.....	13
4.2. Estimation de l'exposition	13
4.3. Choix des relations exposition-risque	14
4.3.1. EIS court terme	14
4.3.2. EIS long terme	16
4.4. Caractérisation du risque	17
4.4.1. Principes du calcul.....	17
4.4.2. Recueil des données sanitaires.....	17
5. Résultats	19
5.1. Période d'étude.....	19
5.2. Population exposée.....	19
5.3. Estimation de l'exposition	19
5.3.1. Sélection des stations.....	19
5.3.2. Construction des indicateurs de pollution.....	21
5.3.3. Indicateurs sanitaires.....	26
5.4. Caractérisation du risque à court terme	26
5.4.1. Estimation de l'impact sanitaire	27
5.4.2. Impact sanitaire par niveau de pollution	28
5.5. Caractérisation du risque à long terme.....	37
6. Discussion	37
6.1. Hypothèses, limites et incertitudes	38
6.1.1. Identification des dangers.....	38
6.1.2. Relations exposition-risque.....	38
6.1.3. Estimation de l'exposition	38
6.1.4. Caractérisation du risque.....	39
6.2. Interprétation des résultats	39
7. Conclusion	41
7.1. Un impact collectif non négligeable à court terme	41
7.2. Un impact sanitaire à long terme mesurable.....	41
7.3. Des stratégies de réduction des émissions plus ou moins efficaces	41
7.4. Des résultats à enrichir et à communiquer	41
8. Références	43
9. Annexes	44

1. Acronymes

Aphea : Air Pollution and Health- A European Approach

Aremasse : Association pour la mise en oeuvre du Réseau d'Étude, de Mesure et d'Alerte pour la prévention de la pollution atmosphérique en Scarpe – Sambre – Escaut

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

Cov : Composés Organiques Volatils

Ddass : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

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

IRE : L'Industrie au Regard de l'Environnement

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

2. 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.

Le PRQA du Nord - Pas-de-Calais [1] se décline en 54 orientations. La quinzième indique que la « réalisation d'études pour l'évaluation locale de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans les principales agglomérations de la région Nord/ Pas-de-Calais couvertes par un réseau de mesures » est jugée prioritaire. C'est dans ce cadre que s'inscrit la réalisation de l'évaluation de l'impact sanitaire (EIS) de la pollution atmosphérique sur le valenciennois, présentée ici.

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 valenciennoise à la pollution atmosphérique documentée par les mesures de la qualité de l'air du réseau de surveillance AREMASSE. 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.

3. Description de la zone d'étude

Le département du Nord s'étend sur 5742 km², soit 1% du territoire français pour une population de plus de 2,5 millions d'habitants, soit 4,4% de la population nationale. C'est le département le plus peuplé de France avec une densité de 445 habitants au km². 90% de la population vit dans les villes. Le Nord est caractérisé par un long passé industriel dans le domaine du textile, de l'agroalimentaire et de la sidérurgie. Ce département est divisé en 6 arrondissements : Dunkerque, Lille, Douai, Valenciennes, Cambrai et Avesnes.

3.1. Choix de la zone d'étude

La sélection de la zone d'étude, autour de Valenciennes, 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'arrondissement du valenciennois, au sens INSEE, comprend 82 communes présentant une population de 348 928 habitants, au dernier recensement (1999) de l'INSEE.

Une première délimitation de la zone d'étude a été réalisée en collaboration avec le réseau de mesures AREMASSE, en fonction des capteurs de pollution. Des mesures sont réalisées par des stations de fonds dans l'arrondissement du valenciennois sur : l'agglomération de Valenciennes, les villes de Denain, de Saint Amand les Eaux et de Saint Saulve.

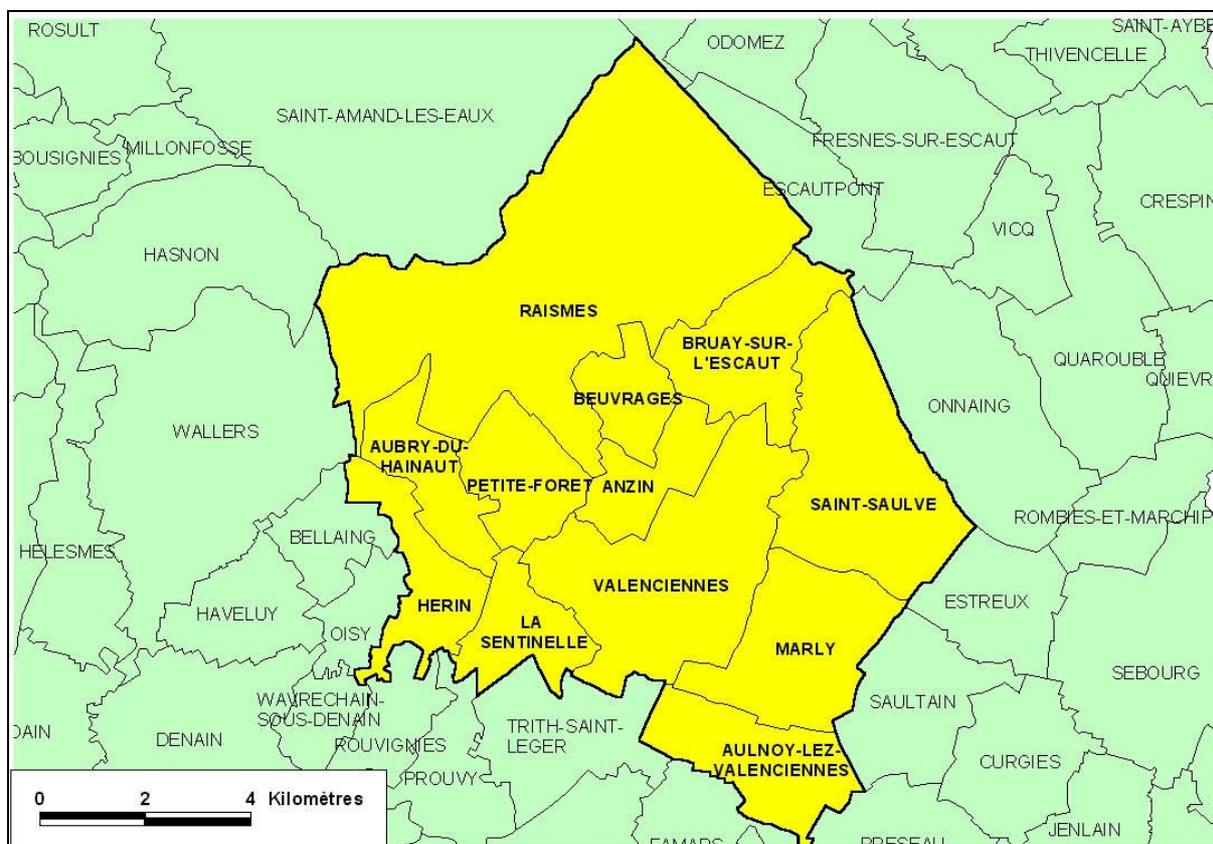
Afin de respecter le principe de continuité urbaine, le choix des communes de l'étude s'est fait sur l'agglomération du valenciennois. 12 communes ont été retenues : Anzin, Aubry du Hainaut, Aulnoy les Valenciennes, Beuvrages, Bruay sur l'Escaut, Hérin, La Sentinelle, Marly, Petite-Forêt, Raismes, Saint Saulve, Valenciennes.

Ces communes forment donc une zone « continue et homogène » définissant la zone d'étude.

carte n°1 : localisation de Valenciennes



carte n°2 : communes de la zone d'étude



3.2. Population et déplacements

3.2.1. Densités de population

La zone d'étude représente une population totale de 133 181 habitants au dernier recensement INSEE de 1999. La densité globale de cette zone est de 1297 habitants par km². Le tableau 1 présente la répartition de la population au sein des communes retenues dans la zone d'étude et les densités de population correspondantes.

Tableau 1 : Répartition de la population sur la zone d'étude*

Code Communal	Commune	Population 1999	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
59410	Anzin	14063	3,67	3831,88
59494	Aubry du Hainaut	1444	3,57	404,48
59300	Aulnoy les Valenciennes	8029	5,73	1401,22
59192	Beuvrages	8042	2,97	2707,74
59860	Bruay sur l'Escaut	11769	6,79	1733,28
59195	Hérin	3952	5,03	785,69
59174	La Sentinelle	3588	3,34	1074,25
59770	Marly	12080	7,97	1515,68
59494	Petite-Forêt	5293	3,74	1415,24
59590	Raismes	14096	33,08	426,12
59880	Saint Saulve	11121	11,97	929,07
59300	Valenciennes	38430	13,82	2780,75
TOTAL		131907	101,68	1297,28

* 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 20% de la population. Les 15 - 65 ans constituent les deux tiers de notre population d'étude et les 65 ans et plus 15%.

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
Anzin	2922 (21%)	9045 (64%)	2091 (15%)
Aubry du Hainaut	229 (16%)	1011 (71%)	194 (14%)
Aulnoy les Valenciennes	1301 (16%)	5754 (72%)	943 (12%)
Beuvrages	1927 (25%)	4831 (63%)	920 (12%)
Bruay sur l'Escaut	2450 (21%)	7551 (64%)	1819 (15%)
Hérin	814 (21%)	2605 (66%)	518 (13%)
La Sentinelle	2307 (20%)	7729 (66%)	1632 (14%)
Marly	1218 (23%)	3528 (67%)	505 (10%)
Petite-Forêt	2841 (21%)	8484 (62%)	2366 (17%)
Raismes	2144 (19%)	7247 (66%)	1642 (15%)
Saint Saulve	646 (19%)	2217 (66%)	499 (15%)
Valenciennes	6961 (17%)	27756 (67%)	6534 (16%)
TOTAL	25760 (19%)	87758 (66%)	19663 (15%)

* Source, INSEE Recensement 1999

3.2.2. Déplacements domicile- travail

L'étude des déplacements de population (navettes domicile - travail) par commune au sein de l'unité urbaine du valenciennois (zone correspondant à l'agglomération valenciennoise) indique que 84% des actifs ayant un emploi se déplacent à l'intérieur de cette zone (source : DRASS d'après données INSEE). Parmi ces actifs, 32% travaillent dans leur commune de résidence. Par ailleurs, les chômeurs au moment du recensement de 99 représentaient 22% de la population active de la zone d'étude. Il semble donc que la grande majorité de la population de ces communes séjourne bien la majeure partie de son temps dans cette zone (respect du dernier critère d'inclusion dans la zone d'étude).

3.2.3. Attractivité hospitalière

D'après les renseignements fournis par l'ARH (Agence Régionale d'Hospitalisation) à partir d'une extraction de données de la base du PMSI de 2001, 87% des personnes hospitalisées habitant le valenciennois l'ont été dans les établissements de santé du valenciennois (annexe I). Ces chiffres varient légèrement en fonction des spécialités.

3.3. Sources de pollution

Sur la zone d'étude, 8 entreprises émettent des rejets polluants dans l'atmosphère qui sont présentés dans le tableau 3. Les données sont issues du document « l'Industrie au Regard de l'Environnement (IRE) en 2001 », édité par la Drire.

Tableau 3 : Emissions moyennes (en tonnes arrondies/an)* des entreprises de la zone d'étude

Etablissement	Commune	SOx	NOx	Cov	Ps
Norzinco	Anzin	6	6	-	7
S.E.V.E	Marly	5	-	-	0
Alstom Transport	Petite Forêt	0	12	17	0
UIOM St Saulve	St Saulve	9	149	-	16
V & M France aciérie	St Saulve	48	88	20	38
V & M France tuberie	St Saulve	0	80	19	-
Centre Hospitalier	Valenciennes	-	15	-	-
LWB Réfractories	Valenciennes	1	1	5	7

*Source : DRIRE en 2001

De plus, deux entreprises très proches de la zone d'étude pourraient avoir une influence sur la pollution atmosphérique de la zone.

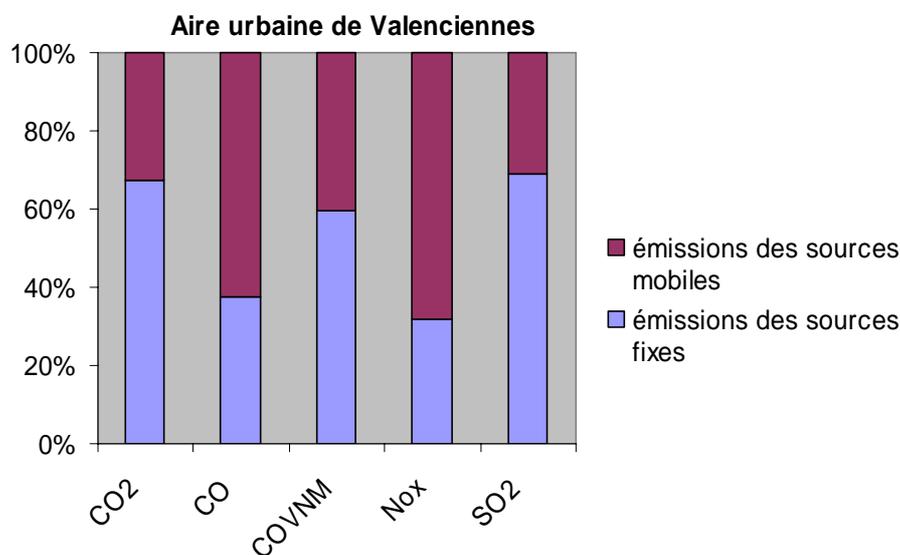
Tableau 4 : Emissions moyennes (en tonnes arrondies/an)* des entreprises proches de la zone d'étude

Etablissement	Commune	SOx	NOx	COV	Ps
LME	Trith St Léger	0	13	6	44
PPG Industries	Saultain		11	352	

*Source : DRIRE en 2001

Les sources fixes, sur « l'Aire Urbaine » de Valenciennes, sont responsables d'un peu plus de deux tiers des rejets en CO₂ et en SO₂ alors que les NOx sont issus pour deux tiers de la pollution émise par des sources mobiles (enquête CITEPA 1997, graphique 1).

Graphique 1 : contribution des deux grands types de source aux émissions des principaux polluants, CITEPA 1997.



3.4. Surveillance de la qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air au niveau du sud est du département du Nord est assurée par l'Association pour la mise en œuvre du Réseau d'Étude, de Mesure et d'Alerte pour la prévention de la pollution atmosphérique en Scarpe – Sambre – Escaut (AREMASSE). Cette association a été créée le 17 décembre 1996, agréée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Elle fait partie de la Fédération Nationale « ATMO » constituée des 39 réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Elle couvre quatre secteurs géographiques : les arrondissements d'Avesnes sur Helpe, de Cambrai, de Douai et de Valenciennes.

Parmi les 18 stations dont dispose l'AREMASSE, 6 stations couvrent l'agglomération du valenciennois : 4 stations urbaines mesurant la pollution de fond du centre urbain, 1 station périurbaine mesurant la pollution de fond en périphérie du centre urbain et 1 station de proximité automobile. Les caractéristiques des stations de mesure présentes sur la zone d'étude sont décrites dans les tableaux 4 et 5. Pour chacune de ces stations, les mesures des polluants sont effectuées en continu et de manière automatique par les capteurs en place. Les polluants mesurés en routine sont le NO₂, le NO, le SO₂, l'O₃ ainsi que les particules de moins de 10 µg/m³ (PM10) depuis 1998.

Tableau 4 : Description des stations de la zone d'étude*

Station - Localisation	Type de station	Polluants et date de mise en service			
		SO ₂	NO _x	O ₃	PM10
Ecole des Acacias - Valenciennes	Urbaine	Avril 98	Avril 98	Avril 98	Avril 98
Ecole des Beaumonts - St Saulve	périurbaine	-	Mai 98	Mai 98	Mai 98
Lycée Wallon - Valenciennes	Pollution automobile	-	Avril 99	-	Avril 99
Ecole Bracke Desrousseaux – St Amand Les Eaux	Urbaine	Octobre 98	Octobre 98	Octobre 98	-
Collège Jean Villars – Denain	Urbaine	Avril 00	Avril 00	Avril 00	Août 01
Ecole Georges Brassens – Aulnoy les Valenciennes	Urbaine	-	Octobre 01	-	Octobre 01

*Source : AREMASSE

Tableau 5 : Méthodes de mesures des différents polluants*

Polluants	Méthode de mesure
SO ₂	Fluorescence UV
NO _x	Chimiluminescence
O ₃	Détection par absorption UV
PM10	Pesée du dépôt sur filtre reposant sur élément oscillant

*Source : AREMASSE

4. Matériels et méthodes

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.

4.1. Identifications des dangers

Cette étape a pour objectif d'établir la liste des polluants et leurs effets à partir de données toxicologiques et épidémiologiques. 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.

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

4.2. 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

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.

4.3. 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.

4.3.1. 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 6).

Tableau 6 : Risques relatifs de mortalité (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une exposition de 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ des indicateurs de pollution (intervalle de confiance à 95%)

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 7).

Tableau 7 : 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.

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 les indicateurs de pollution – SO₂, NO₂, - les fonctions exposition / risque à utiliser restent celles du guide 1999 (7) (tableau 8).

Tableau 8 : 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

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 9).

Tableau 9 : 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

4.3.2. 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 10 : Risques relatifs de mortalité à long terme (et intervalles de confiance à 95%) estimés pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM10*.

		PM10
Mortalité	toutes	1,043[¶] [1,026 – 1,061]
causes		

*source : étude tri-nationale [1]

¶ risque relatif significatif

4.4. 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.

4.4.1. Principes du calcul

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 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.

4.4.2. 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 respiratoires et pour cause cardiovasculaires 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 de la base régionale des Résumés de Sortie Anonymisés (RSA) de la DRASS Nord Pas-de-Calais. Les admissions hospitalières sont donc comptabilisées, pour

les périodes étudiées et les diagnostics retenus, à partir des Résumés de Sortie Anonymisés (RSA) des patients hospitalisés plus de 24h et en provenance de leur domicile.

5. Résultats

5.1. Période d'étude

Les données météorologiques ainsi que les données du PMSI sont complètes et disponibles pour les années 1999, 2000 et 2001. Les données de mortalité ne sont disponibles que pour l'année 1999. Deux périodes d'étude sont donc définies, l'année 1999 (pour les analyses des mortalités à court terme et à long terme) et la période allant du 1^{er} janvier 1999 au 31 décembre 2001 pour l'analyse de la morbidité (soit 3 ans). Les saisons tropiques 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.

Les données météorologiques disponibles ne montre pas d'hétérogénéité importante entre les années étudiées et les années précédentes. Il ressort que l'année 1999 a une durée d'insolation aux années 2000 et 2001 ainsi qu'un nombre de jours de forts vents supérieur à la moyenne des 10 années précédentes sur le Valenciennois.

Tableau 11 : Comparaison des paramètres météorologiques de la station de Valenciennes des années 1999 - 2000 et 2001 avec ceux moyennés sur la période 1989-1999

	Températures mensuelles moyennes (°C)		Etendue absolue de la température (°C)		Nombre de jours avec précipitations (≥ 1 mm) (en jours)		Durée mensuelle moyenne de l'insolation (en heures)		Nombre de jours avec vent fort (≥ 16m/s) (en jours)	
	été	année	min	max	hiver	année	été	année	Hiver	année
Année 1999	16,0	11,2	-9,0	31,9	58	109	192,2	139,2	32	46
Année 2000	15,3	11,2	-6,8	31,3			168,0	116,3		
Année 2001	14,9	10,8	-10,4	34,3			179,0	128,3		
Moyenne des années 1989- 1999	15,3	10,9	-13,2	36,7	60	114			26	39

5.2. Population exposée

La zone d'étude, composée des 12 communes, regroupe une population de 133 188 habitants d'après le recensement général de la population de 1999. L'exposition à la pollution de l'air de la population peut être considérée comme homogène dans la zone d'étude (cf. II.2. Population et Déplacement).

5.3. Estimation de l'exposition

5.3.1. Sélection des stations

L'objectif étant de construire, à l'échelle de la zone d'étude, des indicateurs « d'exposition ambiante », seules les stations de fond situées en zone urbaine ou périurbaine ont été retenues, a priori, pour la construction des indicateurs relatifs aux polluants suivants : SO₂, NO₂, PM10 et O₃.

Les niveaux de polluants sont exprimés en µg/m³. Les niveaux de NO₂, de SO₂ et des PM10 considérés correspondent à des moyennes journalières. Les niveaux d'ozone correspondent à la valeur maximale des valeurs des moyennes glissantes sur 8h. Ces données sont validées par le

réseau de mesure AREMASSE. Les caractéristiques des niveaux de pollution mesurés par chaque station se trouvent en Annexe II.

Pour chaque polluant, 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 (voir ci-dessous); une station donnée doit pouvoir être qualifiée, du point de vue de son environnement, comme représentative de l'exposition de la population.

En tenant compte de la zone d'étude et de la période considérée, seuls 2 capteurs sont retenus pour les analyses (annexe III). Il s'agit de la station urbaine de l'école des Acacias de Valenciennes et de la station périurbaine de l'école des Beaumonts de Saint Saulve. Ces 2 stations ont des distributions bien corrélées entre elles (tableau 12). La surveillance par la station de Saint Saulve du SO₂, a été arrêtée le 28 mai 2001. Le coefficient de corrélation pour ce polluant est de 0,72 entre les deux stations. Pour les autres polluants les coefficients de corrélation entre les deux stations sont supérieurs à 0,88. Les moyennes pour chaque polluant et chaque station sont légèrement différentes notamment pour le NO₂ (29,9 µg/m³ vs 21,9 µg/m³).

Tableau 12 : coefficient de corrélation entre les stations de fond de Valenciennes et de Saint Saulve et moyennes annuelles pour chaque polluant sur la période 99 - 01

	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM10
Coefficient de corrélation entre les deux stations	0,72	0,88	0,97	0,92
Moyenne journalière tri-annuelle de la station de Valenciennes (en µg/m ³)	4,21	29,88	21,90	24,28
Moyenne journalière tri-annuelle de la station de Saint Saulve (en µg/m ³)	4,32	21,93	25,25	21,15

5.3.2. Construction des indicateurs de pollution

Les indicateurs d'exposition ont été construits en calculant la moyenne arithmétique des données journalières des capteurs des stations sélectionnées. Les statistiques descriptives des indicateurs d'exposition sont présentées dans les tableaux 12 et 13.

Tableau 12* : Description des indicateurs d'exposition (µg/m³) pour l'année 1999

	O3 été	NO2 année	NO2 été	NO2 hiver	SO2 année	SO2 été	SO2 hiver	PM10 année	PM10 été	PM10 hiver
Nombre de jours de mesures	182	365	183	182	365	183	182	365	183	182
Minimum	27	0	0	7	0	0	0	0	0	9
Percentile 5	48	11	11	12	1	1	2	12	12	11
Percentile 25	63	19	17	22	2	2	3	16	17	16
Médiane	74	27	23	32	3	3	5	21	22	21
Percentile 75	91	35	31	40	6	3	8	29	31	27
Percentile 95	127	49	39	58	13	8	18	40	40	38
Maximum	160	81	46	81	39	17	39	66	66	52
Moyenne journalière	79	28	24	32	5	3	6	23	24	22
Ecart-Type	24,3	12,2	9,0	13,7	4,8	2,6	5,8	9,1	9,6	8,5
% Valeurs manquantes	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

*tableau issu directement du logiciel EIS-PA version 2.0

Tableau 13* : Description des indicateurs d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la période 99 - 01

	O3 été	NO2 année	NO2 été	NO2 hiver	SO2 année	SO2 été	SO2 hiver	PM10 année	PM10 été	PM10 hiver
Nombre de jours de mesures	548	1096	549	547	1096	549	547	1096	549	547
Minimum	24	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Percentile 5	43	9	9	11	1	1	1	12	13	11
Percentile 25	59	16	14	20	2	2	3	16	17	16
Médiane	71	24	20	30	3	3	4	21	21	20
Percentile 75	87	33	26	38	5	4	7	28	28	27
Percentile 95	131	49	38	58	12	7	15	40	38	42
Maximum	181	81	49	81	39	17	39	126	66	126
Moyenne journalière	76	26	21	30	4	3	5	23	23	23
Ecart-Type	26,1	12,7	9,1	14,0	4,0	2,3	5,0	9,8	8,1	11,2
% Valeurs manquantes	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

*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 SO₂ et à la valeur limite pour la protection de la santé pour le NO₂. Ces niveaux de référence sont les suivants (décret 2002-213 du 15 février 2002) :

indicateur O₃ : 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures

indicateur NO₂ : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

indicateur PM10 : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

indicateur SO₂ : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

Les niveaux de référence choisis sont inférieurs aux seuils de recommandations présentés ci-dessous (décret 2002-213 du 15 février 2002 pour NO₂ et SO₂ et directive européenne du 12/02/2002 pour l'O₃) :

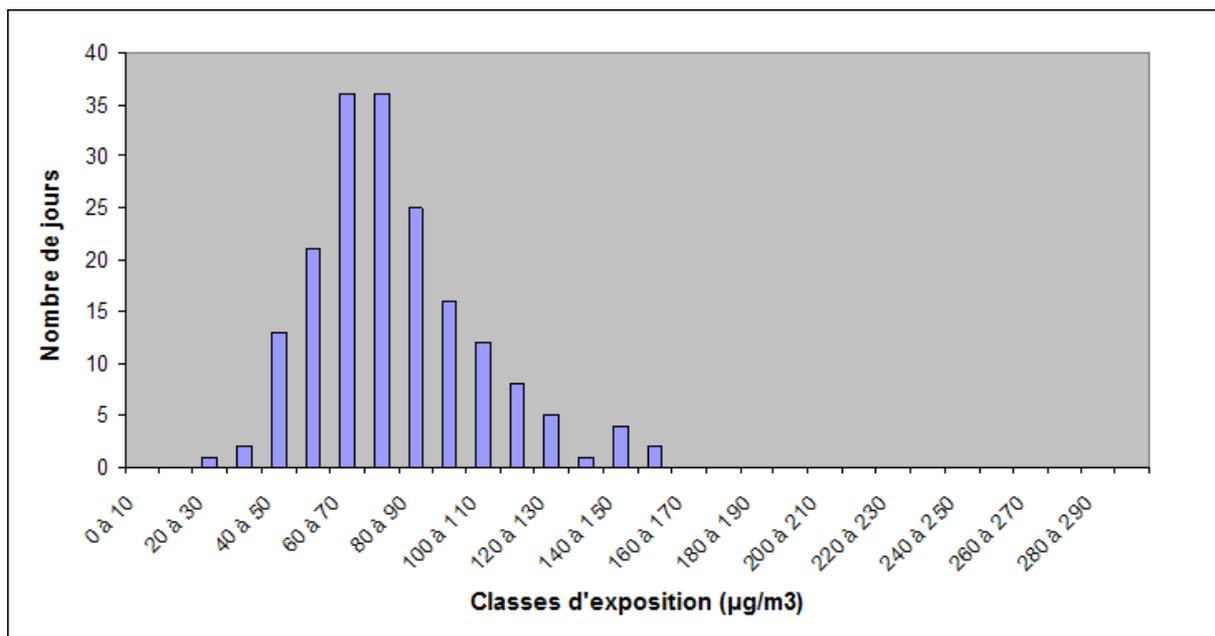
indicateur O₃ : 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

indicateur NO₂ : 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

indicateur SO₂ : 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

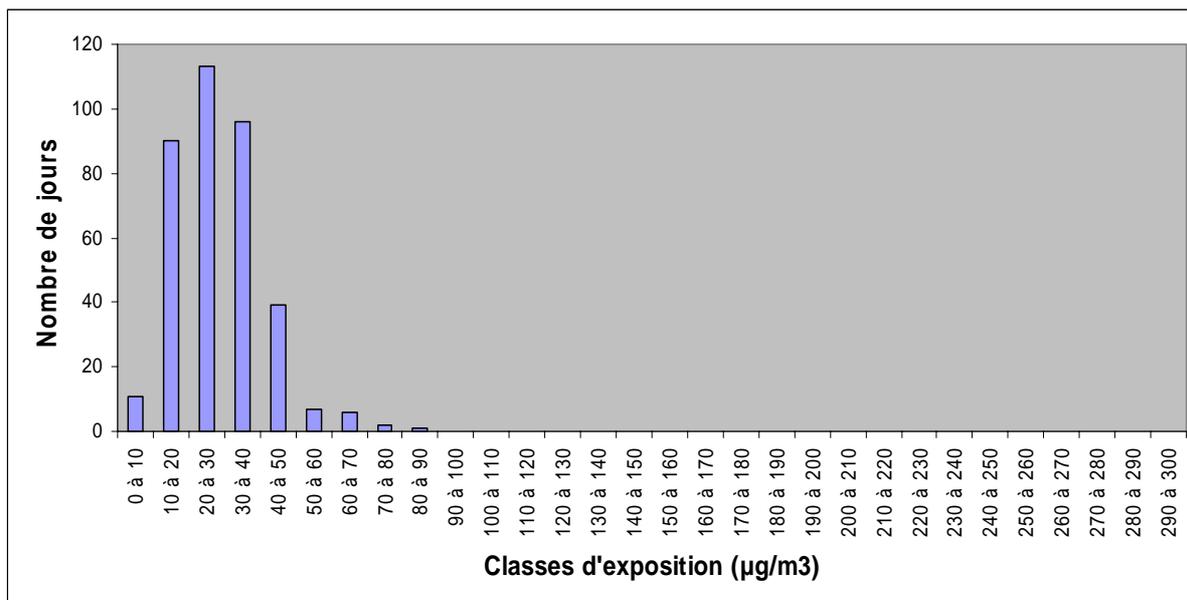
La comparaison des statistiques descriptives des indicateurs d'exposition pour SO₂, NO₂ et O₃ entre 1999 et 2001 ne montre pas de réelles différences. Les distributions des indicateurs par classe sont présentées pour les 3 années réunies dans les figures suivantes.

Figure 1 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃ (Valenciennes 99-01)



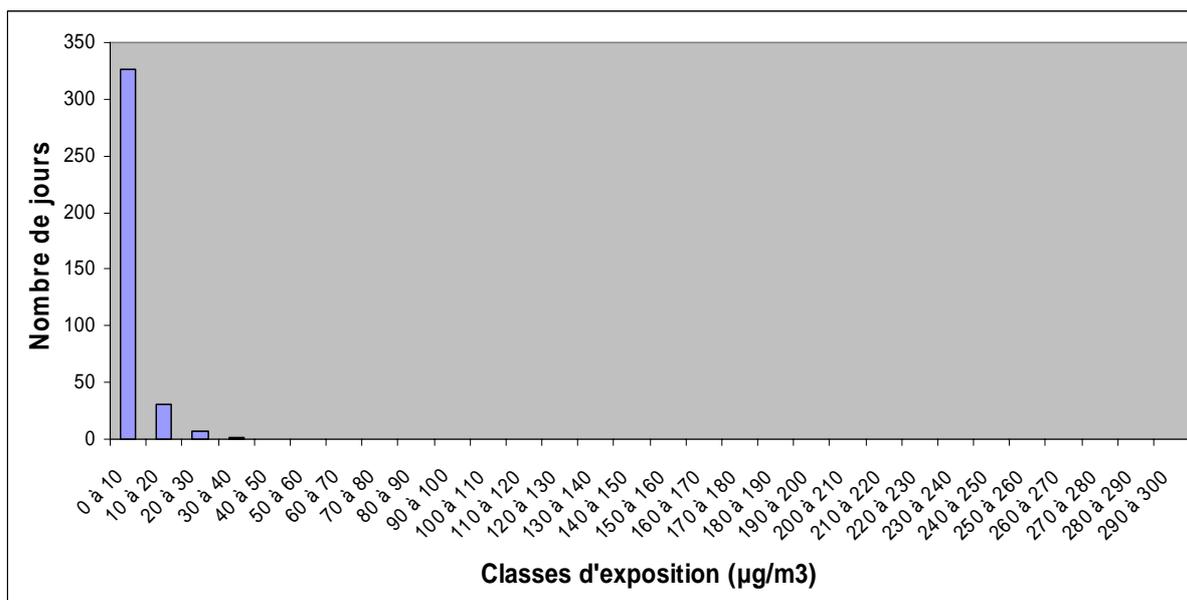
L'objectif de qualité pour l'ozone (110 µg/m³) est respecté pendant 94% de la période.

Figure 2 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition NO₂ (Valenciennes, 99 - 01)



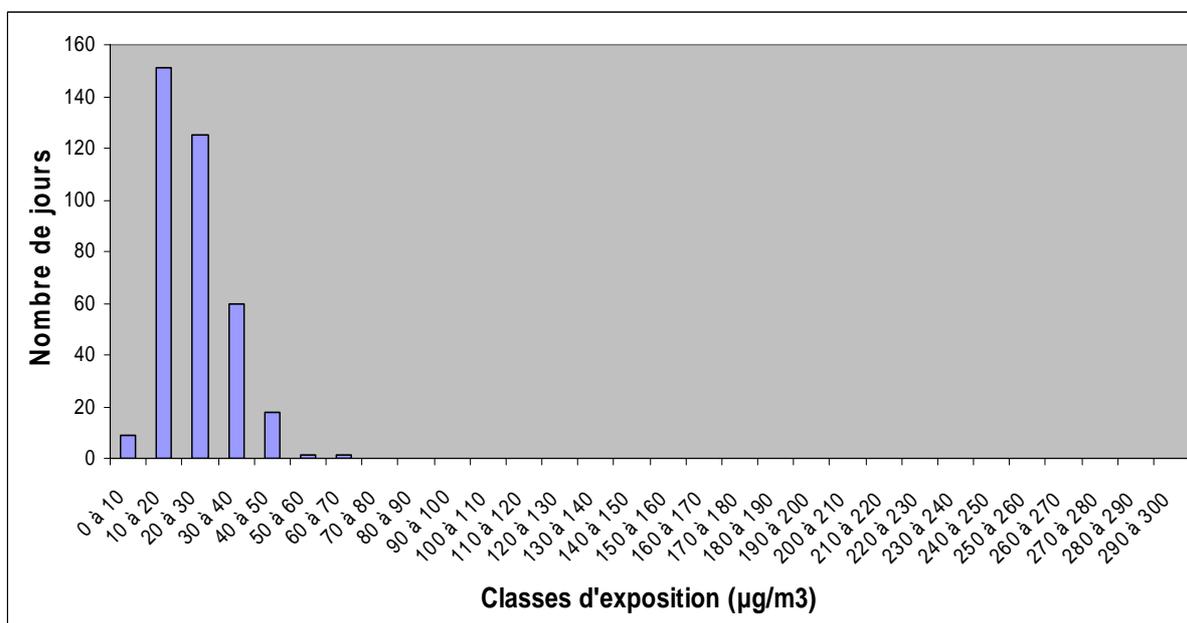
L'objectif de qualité pour le NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est respecté pour 83% de la période

Figure 3 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition SO₂ (Valenciennes 99 - 01)



Les niveaux journaliers de l'indicateur d'exposition au SO₂ sont tous inférieurs à la valeur de référence (50 µg/m³). Les niveaux de SO₂ étant très faibles, cet indicateur ne sera donc pas pris en compte dans les calculs d'impact sanitaire.

Figure 4 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition PM10 (Valenciennes 99 - 01)



L'objectif de qualité pour les PM10 (30 µg/m³) est respecté pendant 77 % de la période.

5.3.3. Indicateurs sanitaires

Mortalité

Les données de mortalité sont issues de la base de données de l'InVS fournie par le service CepiDC de l'INSERM. Ces données ne sont disponibles que pour l'année 1999; elles concernent les effectifs de mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles), les effectifs de mortalité cardiovasculaire et les effectifs de mortalité respiratoire, présentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Nombre de décès et moyenne journalières sur la zone d'étude, 1999

Année 99	Nombre total de décès			Moyenne journalière		
	Été	Hiver	Année	Été	Hiver	Année
Mortalité toutes causes	967	1181	2148	2,7	3,2	5,9
Mortalité respiratoire	94	154	248	0,3	0,4	0,7
Mortalité cardio-vasculaire	303	395	698	0,8	1,1	1,9

Morbidité

Les informations relatives à la morbidité hospitalière ne sont disponibles que pour les années 1999-2000-2001, elles sont issues de l'extraction de la base RSA de la DRASS Nord Pas-de-Calais. Ces données regroupent les hospitalisations de plus de 24h dans l'ensemble des établissements de soins publics ou privés de la zone d'étude qui participent au PMSI. Compte tenu de l'attractivité hospitalière du valenciennois et des spécialités de chaque établissement de cette zone, les établissements de soins retenus sont : le Centre Hospitalier de Valenciennes, la clinique Teissier, la clinique chirurgicale du Hainaut, la polyclinique Vauban, les cliniques médicales des Dentellières et de la Rougeville.

Tableau 15 : Nombre d'admissions hospitalières sur la zone d'étude de 1999 à 2001

De 99 à 2001	Motifs respiratoires		Motifs cardio-vasculaires Tous âges	Motifs cardiaques	
	15-64 ans	≥ 65 ans		< 65 ans	≥ 65 ans
Année	850	2386	9444	1616	4364
Été			4489		
Hiver			4955		

5.4. 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 IV.

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

5.4.1. Estimation de l'impact sanitaire

Sur la mortalité anticipée

Le nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique pour l'année 1999 est représenté dans le tableau 16.

A titre indicatif, l'indicateur d'exposition NO₂ est l'indicateur qui a le plus d'impact sur la mortalité anticipée.

Tableau 16 : Nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de l'indicateur sanitaire étudié

Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas attribuables
	Année 99
Mortalité toutes causes	38,6 [26,9 – 50,3]
Mortalité respiratoire	5,8 [2,2 – 9,4]
Mortalité cardio-vasculaire	15,0 [6,2 – 22,6]

Ainsi, sur la zone étudiée, le nombre total de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique sur l'année 1999 s'élève à 38,6 décès [26,9 – 50,3] dont 15 décès [6,2 – 22,6] par mortalité cardio-vasculaire et 5,8 décès [2,2 – 9,4] 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 17 : Nombre d'hospitalisations, pour 3 ans, attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée

Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas attribuables
Morbidité respiratoire	
65 ans et plus	34,3 [17,0 – 60,8]
Morbidité cardio-vasculaire	101,9 [60,9 – 143,2]
Morbidité cardiaque	
tous âges	38,8 [15,5 – 62,2]
65 ans et plus	39,6 [22,6 – 56,6]

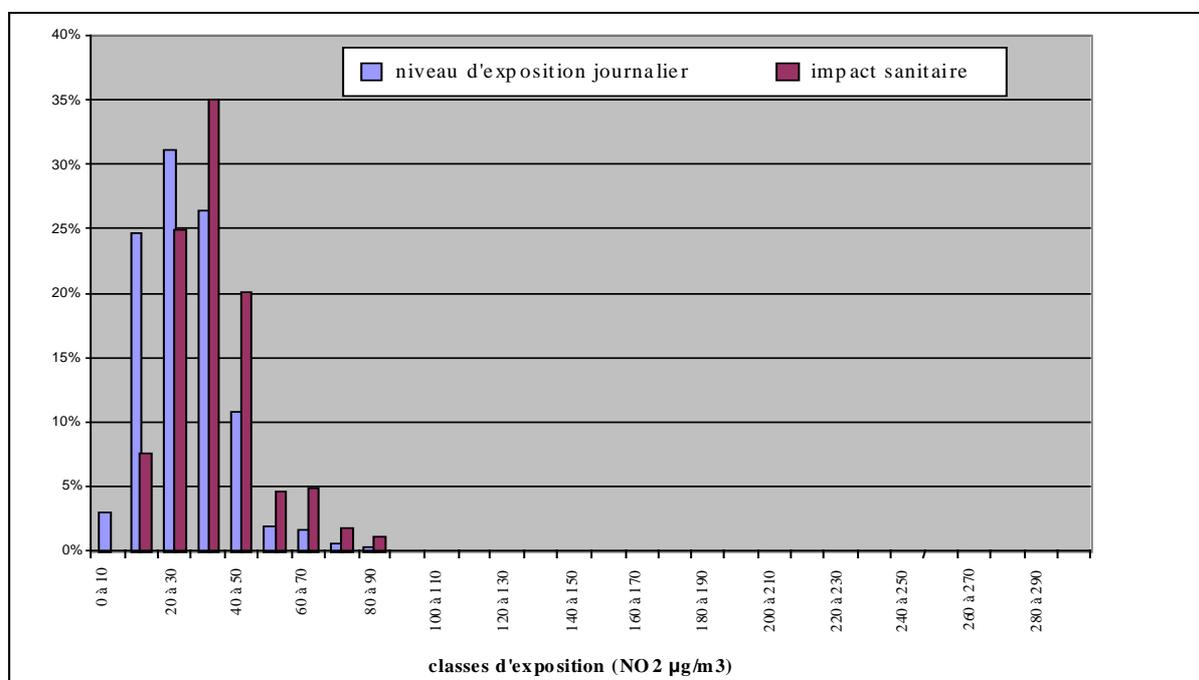
Sur la période 1999 - 2001, l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique est de 102 [60,9 – 143,2] pour pathologies cardio-vasculaire et 34 [17,0 – 60,8] pour pathologies respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus (le nombre de cas attribuables pour la mortalité respiratoire chez les 15-64 ans n'est pas significatif). Le nombre de cas annuel est donc respectivement de 34 et 11.

Les admissions hospitalières pour motif cardiaque attribuables à la pollution atmosphérique représentent pour ces trois années, 38,8 admissions [15,5 – 62,2], ces chiffres sont du même ordre que le nombre d'admissions hospitalières calculées pour les personnes âgés de 65 ans et plus (39,6 [22,6 – 56,6]) s'expliquant par le fait que cette population est à l'origine d'une grande partie des hospitalisations cardiaques et qu'il existe une incertitude sur l'intervalle de confiance.

5.4.2. 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. La figure 5 illustre ainsi la contribution des pics de pollution à l'impact sanitaire en terme de mortalité toutes causes sur l'année 1999.

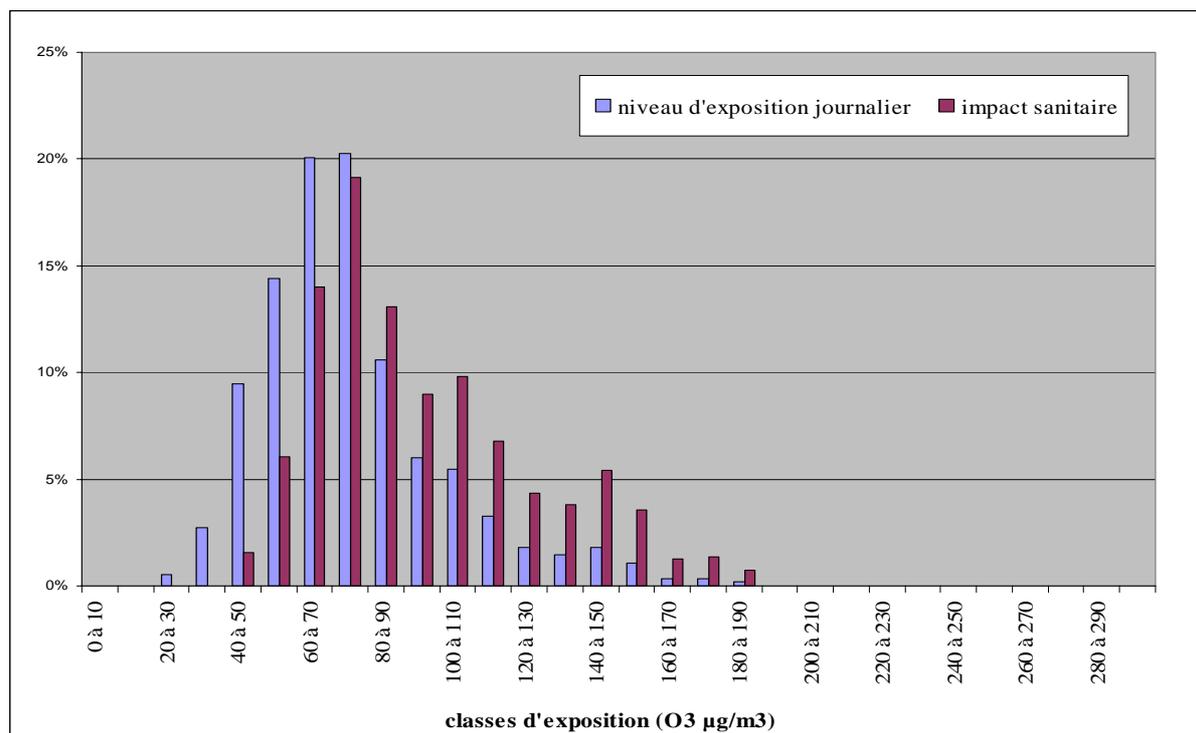
Figure 5 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et impact sanitaire associé (Mortalité toutes causes, Valenciennes- Année 1999)



Concernant l'exposition au NO₂ pour l'année 1999, les niveaux d'exposition respectant l'objectif de qualité de 40 µg/m³ (décret 2002-213 du 15 février 2002) sont responsables d'environ 67% des décès anticipés.

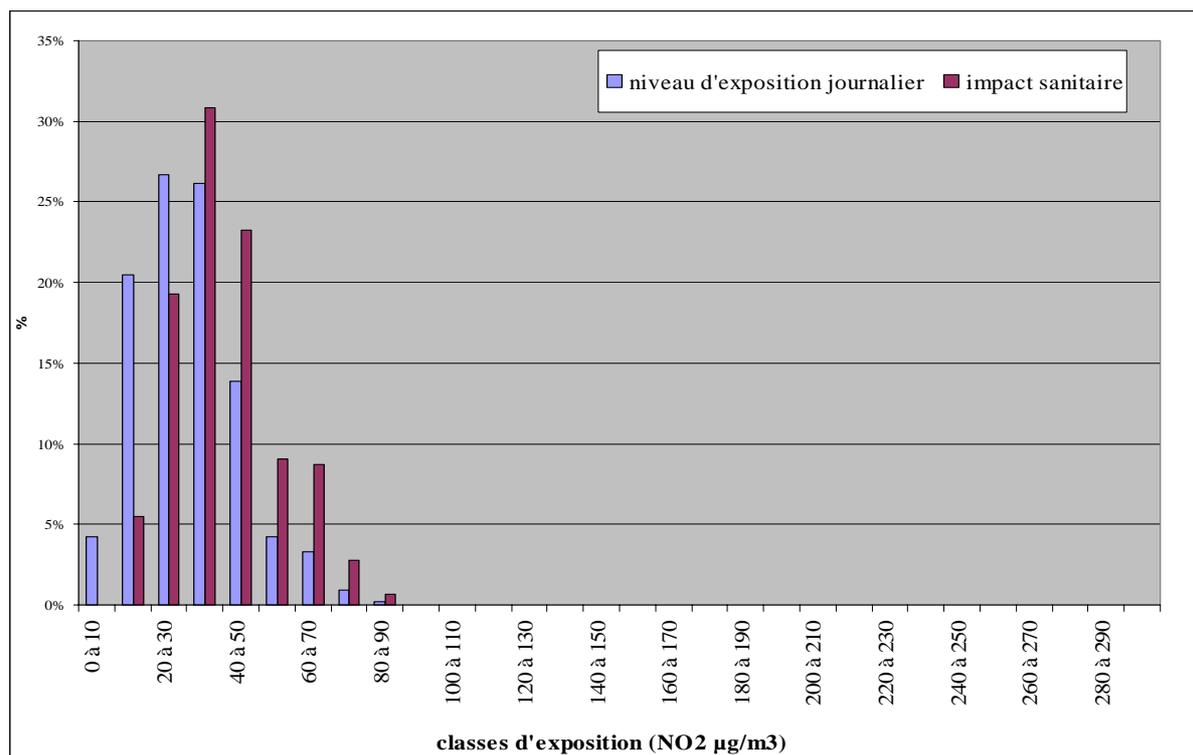
La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition est représentée pour les trois indicateurs de morbidité sur les figures 8 à 10 pour les 3 années de l'étude. Pour l'ozone, le non respect des normes ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures) est responsable de presque 30% des admissions hospitalières, dues à la pollution atmosphérique, des personnes âgées de 65 ans et plus pour cause respiratoire.).

Figure 8 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au O₃ et impact sanitaire associé (Morbidité respiratoire chez les sujets âgés de 65 ans et plus, Valenciennes, 99 - 01)



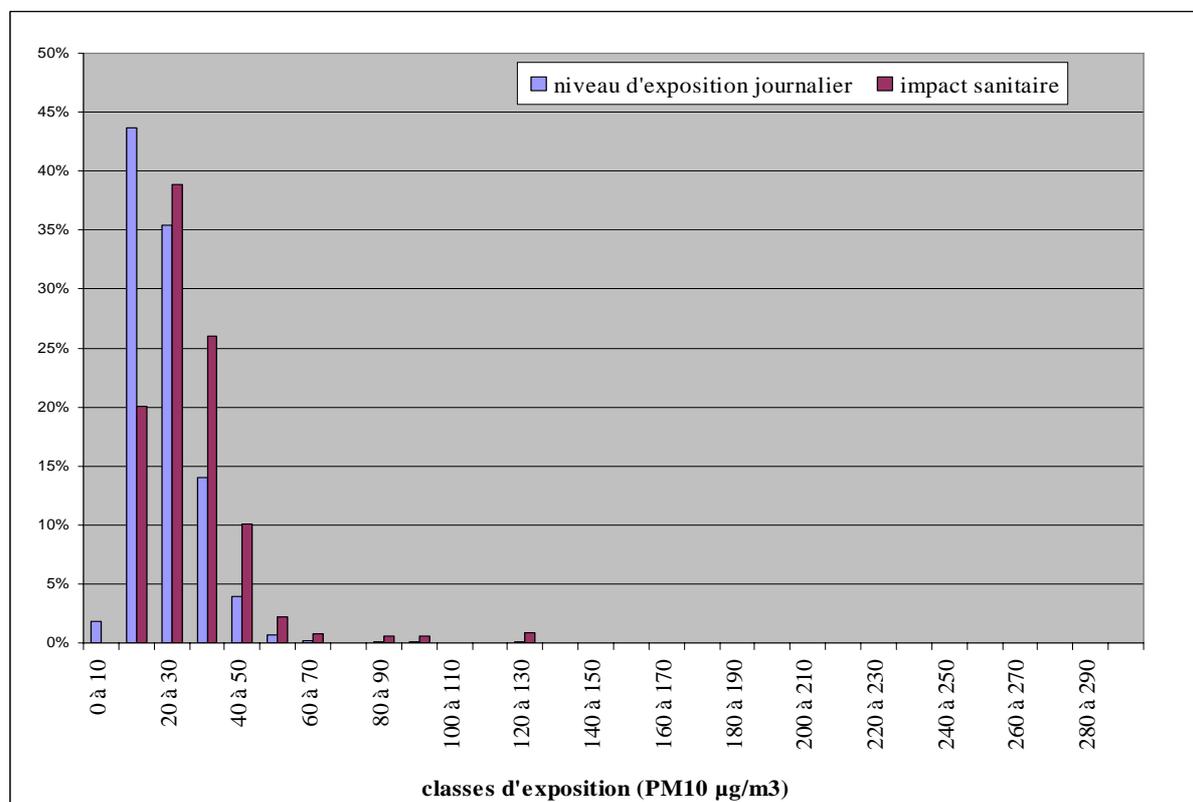
Quarante deux pourcent des admissions hospitalières dues à la pollution atmosphérique pour cause cardiovasculaire sont dues au non respect des normes concernant le dioxyde d'azote (40 µg/m³ en moyenne annuelle).

Figure 9 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et impact sanitaire associé (Morbidité cardio-vasculaire, Valenciennes, 99 - 01)



En ce qui concerne les PM10, le non respect de ces normes (30 µg/m³ en moyenne annuelle) correspond à un tiers de l'impact sanitaire associé.

Figure 10 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers aux PM10 et impact sanitaire associé (Morbidité cardiaque, Valenciennes, 99 - 01)



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 (décret 2002-213 du 15 février 2002) :

indicateur O₃ : le niveau de référence est de 110 µg/m³ sur 8 heures

indicateur NO₂ : le niveau de référence est de 40 µg/m³ en moyenne annuelle

indicateur PM10 : le niveau de référence est de 30 µg/m³ en moyenne annuelle

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

Gains sanitaires pour la mortalité anticipée**Tableau 18 : Nombre de décès évités suivant les scénarii de diminution de la pollution de l'air, Valenciennes 1999**

Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas évitables
	Année 1999
Mortalité toutes causes	
- Scénario 1	2,9 [2,1 – 3,8]
- Scénario 2	14,6 [10,2 – 19,0]
Mortalité respiratoire	
- Scénario 1	0,4 [0,2 – 0,7]
- Scénario 2	2,2 [0,8 – 3,5]
Mortalité cardio-vasculaire	
- Scénario 1	1,2 [0,5 – 1,7]
- Scénario 2	5,7 [2,4 – 8,5]

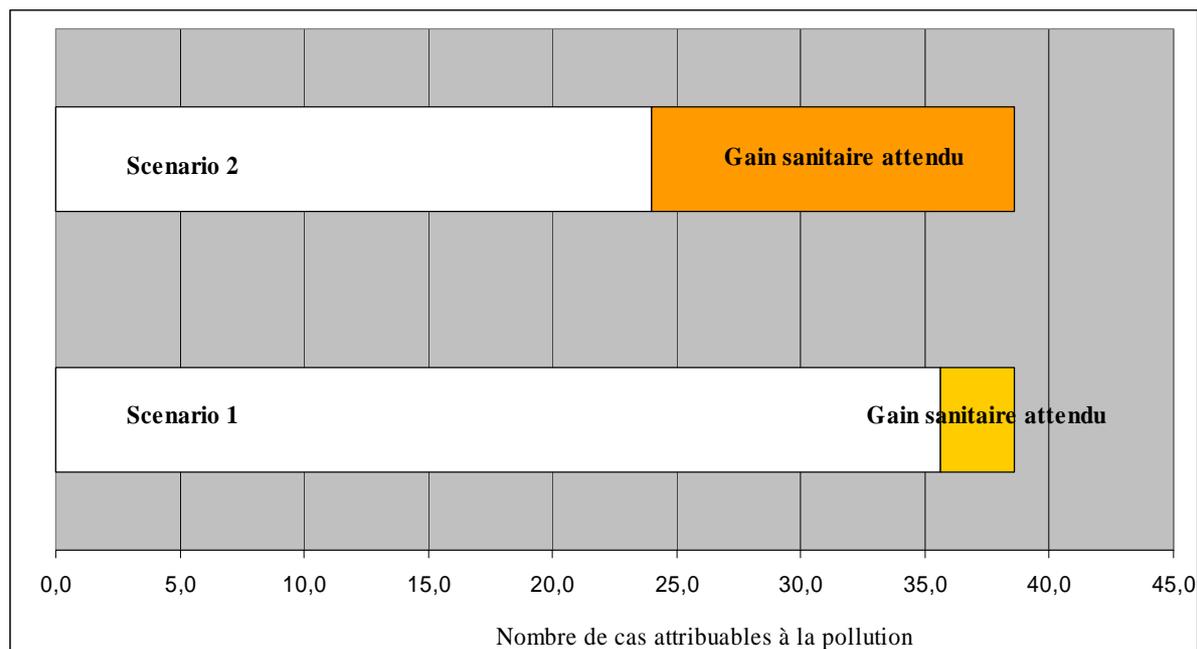
Quelque soit l'indicateur de mortalité observé, le gain sanitaire obtenu par le scénario 2 est toujours supérieur au gain sanitaire obtenu par le scénario 1.

Ainsi, l'application du scénario 2 à la pollution au NO₂ montre un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de l'ordre de 38%, avec un nombre de décès anticipés évitables égal à 15 cas [10,2 – 19,0] comparé à 3 cas [2,1 – 3,8] avec le scénario 1.

Pour les mortalités respiratoire et cardio-vasculaire anticipées, les gains sanitaires obtenus avec le scénario 1 sont respectivement de 7% et 8% alors qu'ils sont de 38 % avec le scénario 2.

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 11.

Figure 11 : Gains sanitaires concernant la mortalité anticipée toutes causes



Gains sanitaires pour la morbidité

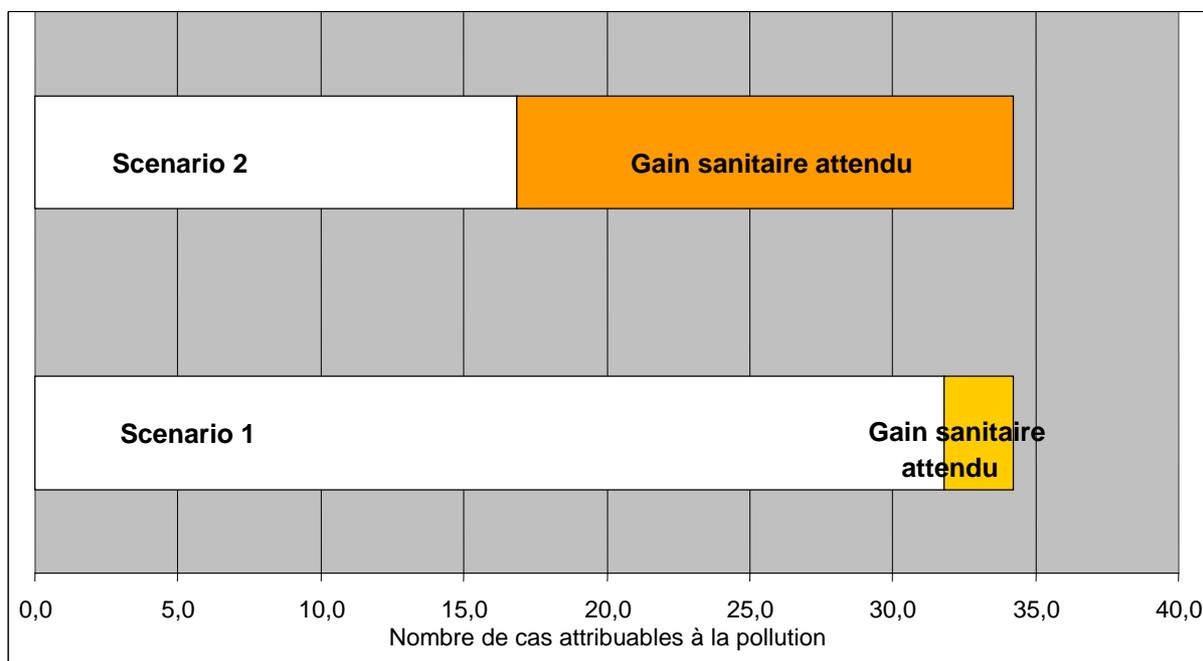
Comme précédemment, les gains sanitaires calculés pour les différents indicateurs de morbidité sont plus importants lorsqu'on applique le scénario 2 aux différents polluants impliqués, les résultats sont présentés pour chaque indicateur sanitaire dans le tableau 19.

Tableau 19 : Nombre d'admissions hospitalières évitées suivant les scénarii de diminution de la pollution de l'air, Valenciennes, 99 - 01

Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas évitables
	99 - 01
Morbidité respiratoire 65 ans et plus	
- Scénario 1	2,4 [1,2 – 4,3]
- Scénario 2	17,4 [8,7 – 30,5]
Morbidité cardio-vasculaire	
- Scénario 1	12,2 [7,3 – 17,0]
- Scénario 2	36,8 [22,1 – 51,5]
Morbidité cardiaque	
Tous âges :	
- Scénario 1	4,6 [1,8 – 7,3]
- Scénario 2	16,8 [6,7 – 26,9]
65 ans et plus :	
- Scénario 1	4,7 [2,7 – 6,7]
- Scénario 2	17,1 [9,8 – 24,4]

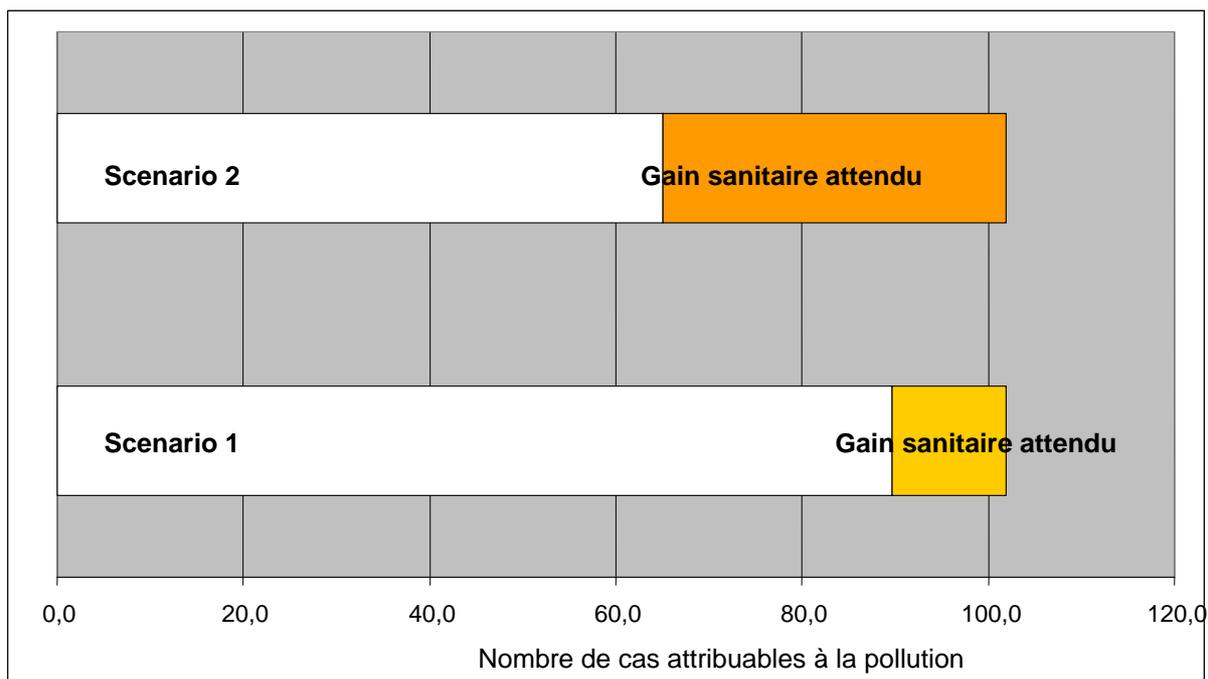
L'efficacité des scénarii est illustrée sous forme graphique (figures 12 à 14).

Figure 12 : Gain sanitaire concernant la morbidité respiratoire chez les sujets âgés de plus de 65 ans (Valenciennes, 99 - 01)

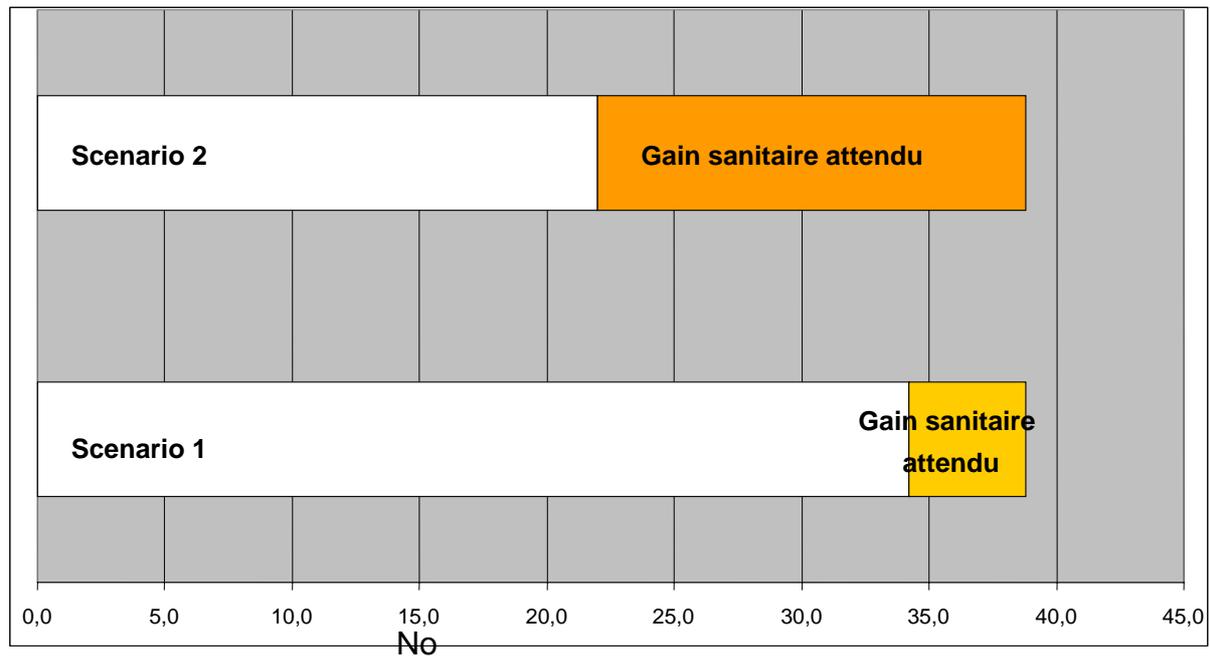


Si l'application du scénario 1 ne permet qu'un gain sanitaire de l'ordre de 7%, le gain en terme de morbidité obtenu en appliquant le 2^{ème} scénario est de l'ordre de 51% avec 17 admissions hospitalières pour cause respiratoire de personnes de plus de 65 ans évitables sur les 34 admissions imputables à la pollution atmosphérique.

Figure 13 : Gain sanitaire concernant la morbidité cardiovasculaire (Valenciennes, 99 - 01)



**Figure 14 : Gain sanitaire concernant la morbidité cardiaque tous âges
(Valenciennes, 99 - 01)**



5.5. 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 20.

Tableau 20 : Nombre de cas attribuables (NA) à la pollution atmosphérique pour les quatre scénarii de l'EIS long terme

RESULTATS	1999		
	NA	IC à 95%	
Scénario 1 : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle au niveau de la norme européenne 2005 de 40 µg/m³	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 µg/m³	26,35	16,02	37,15
Scénario 3 : gain sanitaire lié à la diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle	44,74	27,17	63,20
Scénario 4 : Gain sanitaire attribuable à une diminution des niveaux de 25 %	48,81	29,62	68,99

Le gain sanitaire obtenu avec le premier scénario est nul puisque la moyenne annuelle observée sur les données de l'année 1999, égale à 22,9 µg/m³, est inférieure au seuil de la norme européenne applicable en 2005 (40 µg/m³).

Le scénario 2 qui consiste à diminuer la moyenne annuelle d'exposition aux PM10 à 20 µg/m³, correspondant à la valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2010, permettrait un gain sanitaire à long terme de l'ordre de 26,4 décès évitables [16,0 – 37,2]. Le scénario 3, qui consiste à diminuer la moyenne actuelle de 5 µg/m³, permettant d'atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de 17,9 µg/m³, permettrait un gain sanitaire égal à 44,7 décès évitables [27,2 – 63,2]. Enfin, une diminution de 25% de la moyenne actuelle qui permettrait d'atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de 17,2 µg/m³, représente un scénario intermédiaire qui permettrait un gain sanitaire de 48,8 décès évitables [29,6 – 69,0].

6. 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.

6.1. Hypothèses, limites et incertitudes

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine sur la zone d'étude comprenant 12 communes autour et avec Valenciennes 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.

6.1.1. 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.

6.1.2. 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.

6.1.3. Estimation de l'exposition

L'exposition est estimée au niveau de la population séjournant dans la zone d'étude retenue et non au niveau individuel. Un même niveau d'exposition est attribué à chaque individu de cette population

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

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 sur-estimer ou sous-estimer l'impact sanitaire.

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 des niveaux d'exposition différents.

6.1.4. Caractérisation du risque

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'évènement sanitaires et donc l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

6.2. 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.

7. Conclusion

7.1. Un impact collectif non négligeable à court terme

Sur une année, l'impact total de la pollution atmosphérique pour l'agglomération valenciennoise, évalué par rapport à une situation théorique de référence, a été estimé à 39 décès anticipés, dont 15 décès pour pathologie cardio-vasculaire et 6 pour pathologie respiratoire, et 34 admissions pour cause cardio-vasculaire et 11 pour cause respiratoire.

Il s'agit ici d'ordre de grandeur mais ces chiffres illustrent bien le fait que même si les risques relatifs associés à la pollution atmosphérique sont faibles, la proportion importante de personnes exposées aboutit à un impact collectif non négligeable.

7.2. 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 22,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1999. La norme européenne 2005 est d'ores et déjà respectée mais le respect de la norme 2010 devrait permettre d'éviter 26 décès par an. Une diminution de 5 à 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit environ 25%) de la moyenne actuelle permettrait d'éviter entre 45 et 49 décès par an.

7.3. 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.

Ainsi, une réduction du niveau annuel moyen de pollution de 25% s'accompagnerait d'une réduction de 38% de la mortalité toutes causes confondues et d'une réduction de 51% des hospitalisations dues à la pollution atmosphérique.

En pratique, cela signifie qu'une politique locale de gestion des risques qui ne viserait qu'à éviter les dépassements des seuils réglementaires n'aurait qu'un faible impact en termes de bénéfices sur la santé publique.

Les actions les plus efficaces seront donc celles qui viseront à réduire les émissions à la source, de façon quotidienne.

7.4. Des résultats à enrichir et à communiquer

La communication des résultats de cette étude aux décideurs, aux médias et au public devrait permettre une meilleure sensibilisation aux dangers de la pollution atmosphérique respirée quotidiennement par l'ensemble de la population, de relativiser les effets sanitaires des pics de pollution et enfin de construire une politique de réduction de la pollution atmosphérique plus efficace en terme d'impact sur la santé publique.

8. Références

- [1] Direction régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement du Nord/Pas-de-Calais. Plan Régional de la Qualité de l'Air du Nord/Pas-de-Calais. 127p. 2000.
- [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.

9. Annexes

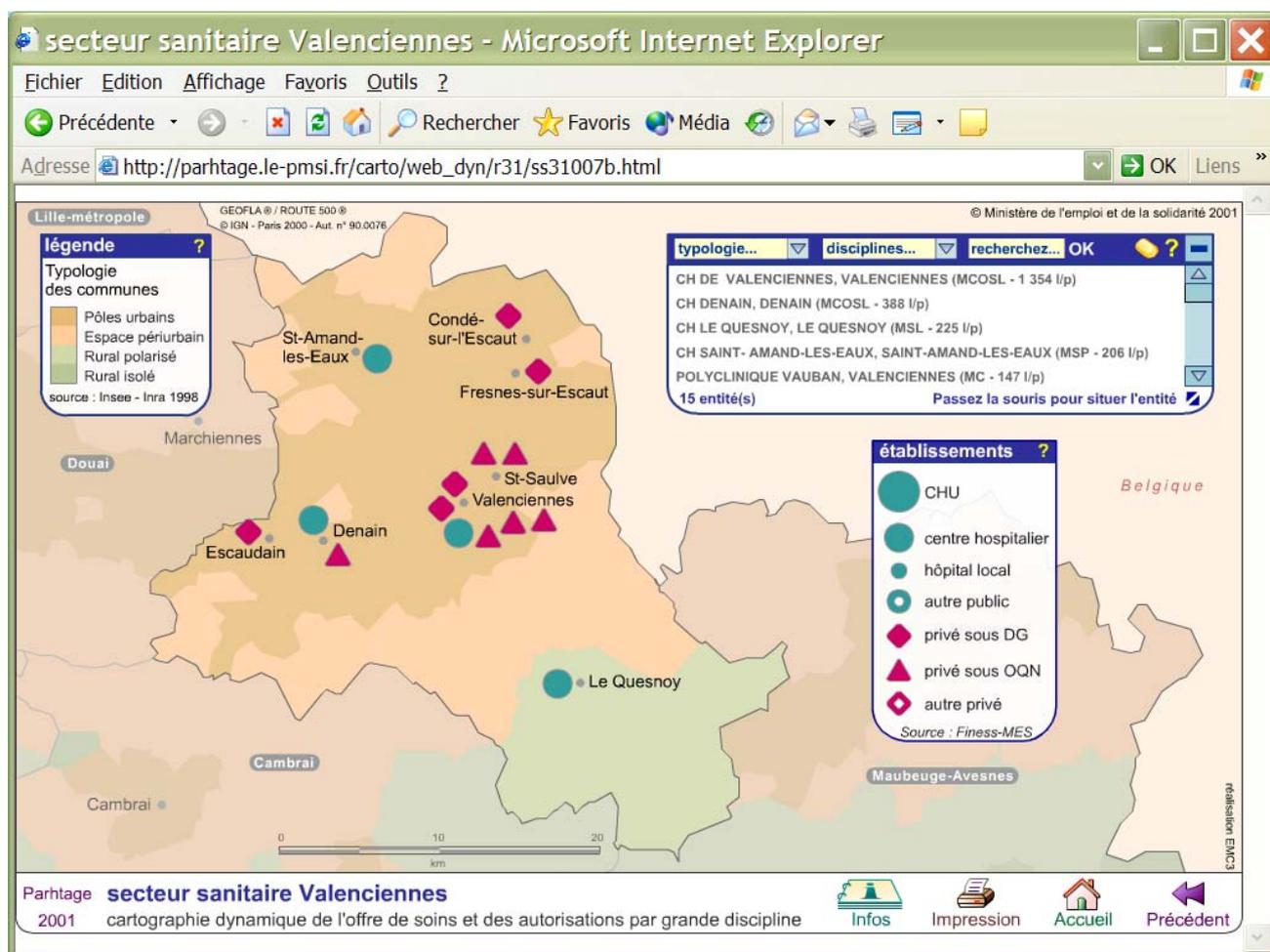
ANNEXE I : carte du secteur sanitaire du valenciennois, liste des hôpitaux retenus dans l'étude et attractivité hospitalière

ANNEXE II : Récapitulatif des différentes valeurs enregistrées par les stations de mesure utilisées par l'AREMASSE,

ANNEXE III : distribution des indicateurs d'exposition pour les 2 stations retenues Récapitulatif des données des deux stations retenues pour l'étude sur la période d'étude avant et après traitement des données manquantes

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

ANNEXE I



Liste des établissements de santé retenus pour l'étude sur le valenciennois

N°FINESS	Raison sociale	Ville	Caractéristiques
590785374	Clinique Teissier	Valenciennes	Privé, médecine chirurgie
590008041	Polyclinique Vauban	Valenciennes	PSPH, médecine chirurgie
590000618	CH Valenciennes	Valenciennes	Centre Hospitalier
590782256	Clinique médicale des dentellières	Valenciennes	Privé, chirurgie
590787453	Clinique chirurgicale du Hainaut	Valenciennes	Privé, chirurgie
590034732	CRF la Rougeville	Saint Saulve	Privé, Soins de suite et réadaptation

ACTIVITE DE SOINS PAR SECTEUR SANITAIRE - SEJOURS
Production-Consommation-Fuites-Attractivité
Données PMSI - Année 2000

Tableau 5

SEJOURS		SECTEURS SANITAIRES CONSOMMATEURS														
		Dunkerque	Calais / St Omer	Boulogne / Montreuil	Béthune	Lens	Douai	Arras	Valenciennes	Maubeuge	Cambrai	Métropole	Code Postal régional erroné	Code Postal hors région	Code Postal inconnu	Total
SECTEURS SANITAIRES PRODUCTEURS	Dunkerque	62 272	1 932	84	68	39	174	12	29	20	9	2 234	554	524	3 912	71 863
	Calais / St Omer	3 211	65 362	2 252	1 211	92	27	88	26	2	18	3 378	75	1 198	100	77 040
	Boulogne / Montreuil	267	9 305	73 102	585	384	179	994	163	61	173	808	126	4 749	2 888	93 782
	Béthune	51	2 529	295	57 278	7 437	92	785	33	15	47	3 788	98	360	495	73 303
	Lens	59	656	513	4 446	76 260	6 138	9 442	178	55	337	2 701	228	857	7 522	109 382
	Douai	30	18	24	49	2 894	42 068	2 877	1 691	99	693	697	66	424	48	51 468
	Arras	29	345	1 883	3 345	7 458	567	43 968	30	19	62	370	180	900	42	59 208
	Valenciennes	64	42	28	37	63	7 240	139	120 143	4 359	5 249	756	104	1 303	396	139 923
	Maubeuge	181	6	6	7	13	28	12	1 950	56 395	560	108	151	5 716	95	65 226
	Cambrai	8	5	9	15	39	3 116	2 760	2 158	467	36 904	138	63	1 406	1 083	47 171
	Métropole	9 605	10 154	4 402	13 274	27 313	20 818	7 119	11 055	6 888	5 933	398 299	1 620	15 576	1 525	633 679
	Total	75 777	90 354	82 698	80 315	121 982	80 437	67 986	137 456	68 378	49 068	413 273	3 268	33 013	18 106	1 321 948

Source : Base PMSI 2000

ANNEXE IIMoyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des différents polluants surveillés pour chaque capteur du valenciennois

Ozone, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
stations				années			
lieu			type	1999	2000	2001	2002
Valenciennes, école des Acacias			urbain	41	36	42	38
Saint-Saulve, école des Beaumonts			périurbain	45	43	45	44
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				
Saint-Amand-les-Eaux, école Desrousseaux	Bracke		urbain	43	40	43	41
Valenciennes, lycée Wallon			Proximité trafic				
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				

Dioxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
stations				années			
lieu			type	1999	2000	2001	2002
Valenciennes, école des Acacias			urbain	33	26	29	29
Saint-Saulve, école des Beaumonts			périurbain	23	21	21	
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				
Saint-Amand-les-Eaux, école Desrousseaux	Bracke		urbain	25	22	21	21
Valenciennes, lycée Wallon			Proximité trafic		37	41	37
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				

Monoxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
stations				Années			
lieu			type	1999	2000	2001	2002
Valenciennes, école des Acacias			urbain	11	9	13	9
Saint-Saulve, école des Beaumonts			périurbain	5	4	7	
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				
Saint-Amand-les-Eaux, école Desrousseaux	Bracke		urbain	6	6	7	5
Valenciennes, lycée Wallon			Proximité trafic		20	32	22
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				

Dioxyde de soufre, moyenne mensuelle en microg/m³							
stations				Années			
lieu			type	1999	2000	2001	2002
Valenciennes, école des Acacias			urbain	5	3	4	5
Saint-Saulve, école des Beaumonts			périurbain	5	4		
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				
Saint-Amand-les-Eaux, école Desrousseaux	Bracke		urbain	8	7	7	7
Valenciennes, lycée Wallon			Proximité trafic				
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				

Poussières en suspension, moyenne mensuelle en microg/m³							
stations				Années			
lieu			type	1999	2000	2001	2002
Valenciennes, école des Acacias			urbain	25	25	24	22
Saint-Saulve, école des Beaumonts			périurbain	21	20	22	20
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				18
Saint-Amand-les-Eaux, école Desrousseaux	Bracke		urbain				
Valenciennes, lycée Wallon			Proximité trafic		26	30	28
Aulnoy-les-Valenciennes, école Brassens			urbain				18

ANNEXE III

**Distribution de l'indicateur d'exposition O₃ en µg/m³ par station,
Valenciennes, 1999-2001**

	Ecole des Acacias	Ecole des Beaumonts
Moyenne	65	71
Médiane	62	68
Ecart type	27,1	25,2
Centile 5	33	39
Centile 25	48	55
Centile 75	74	81
Centile 95	124	121
Minimum	0	0
Maximum	187	174
% V.M.	1%	1%

**Distribution de l'indicateur d'exposition NO₂ en µg/m³ par station,
Valenciennes, 1999-2001**

	Ecole des Acacias	Ecole des Beaumonts
Moyenne	30	22
Médiane	24	19
Ecart type	13,2	13,0
Centile 5	12	6
Centile 25	20	12
Centile 75	37	29
Centile 95	54	47
Minimum	3	1
Maximum	85	77
% V.M.	1%	2%

**Distribution de l'indicateur d'exposition SO₂ en µg/m³ par station,
Valenciennes, 1999-2001**

	Ecole des Acacias	Ecole des Beaumonts
Moyenne	4	4
Médiane	3	3
Ecart type	4,4	4,4
Centile 5	1	1
Centile 25	2	2
Centile 75	5	5
Centile 95	12	13
Minimum	0	0
Maximum	37	40
% V.M.	6%	23%

**Distribution de l'indicateur d'exposition PM₁₀ en µg/m³ par station,
Valenciennes, 1999-2001**

	Ecole des Acacias	Ecole des Beaumonts
Moyenne	25	21
Médiane	22	19
Ecart type	10,4	9,4
Centile 5	13	11
Centile 25	18	15
Centile 75	29	26
Centile 95	41	38
Minimum	2	7
Maximum	140	111
% V.M.	5%	3%

ANNEXE IV

Nombre de cas attribuables et intervalle de confiance à 95% pour l'EIS court terme sur le Valenciennois pour chaque indicateur de pollution pour lequel une relation exposition / risque est connue.

Court terme		pour 1 an			pour la période 99-01		
		IC à 95%			IC à 95%		
		NA	inf	sup	NA	inf	sup
morbidity respiratoire	O3 été Morbi respi 15-64	1,69	0,78	2,61	5,08	2,34	7,82
	O3 été morbi respi 65+	11,42	5,66	20,25	34,25	16,97	60,75
	NO2 morbi respi 15-64	0,91	-1,36	3,19	2,73	-4,07	9,58
	NO2 morbi respi 65+	5,09	-5,06	15,38	15,28	-15,18	46,13
	SO2 morbi respi 15-64	0,02	-0,02	0,06	0,07	-0,07	0,18
	SO2 morbi respi 65+	0,13	0,03	0,3	0,4	0,1	0,9
	PM10 morbi respi 65+	9,26	6,16	13,4	27,78	18,49	40,21
morbidity cardio vasculaires	PM10 morbi cardiaque	12,93	5,16	20,72	38,8	15,49	62,17
	PM10 morbi cardiaque 65+	13,19	7,53	18,88	39,58	22,58	56,63
	NO2 hiv morbi cardiovasc	33,96	20,29	47,73	101,87	60,88	143,19
	NO2 été morbi cardiovasc	20,23	11,78	28,72	60,7	35,34	86,17
	SO2 hiv morbi cardiovasc	1,69	0,78	2,61	5,08	2,34	7,82
mortalité totale	O3 été mortalité tot	28,95	12,3	41,63			
	NO2 mortalité tot	38,59	26,94	50,28			
	SO2 mortalité tot	1,5	0,68	2,31			
	PM10 mortalité tot	17	11,32	22,69			
mortalité cardio vasculaire	O3 été mortalité cardiovasc	14,69	5,26	24,41			
	NO2 mortalité cardiovasc	15,02	6,22	22,64			
	SO2 mortalité cardiovasc	0,35	0,18	0,49			
mortalité respiratoire	O3 mortalité respi	5,68	2,8	9,14			
	NO2 mortalité respi	5,77	2,21	9,39			
	SO2 mortalité respi	0,17	0,02	0,33			