

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

Cette étude a été réalisée par :

Bakhao NDIAYE

Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Nord/Picardie

Ont participé à la réalisation de cette étude :

Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Nord/Picardie

François GANIAYRE

Pascal FABRE

Christophe HEYMAN

AREMASSE

Claudie DRYZANSKI

Guillaume LECARPENTIER

Tiphaine DELAUNAY

Institut de Veille Sanitaire

Département Santé Environnement

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales du Nord/Pas-de-Calais

Laurent MAURIER

Michelle LEGRAND

Emmanuel CHAZARD

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	7
3.2.1. Densités de population	7
3.2.2. Déplacements domicile- travail	9
3.2.3. Attractivité hospitalière	10
3.3. Sources de pollution	10
3.4. Surveillance de la qualité de l'air	10
4. Matériels et méthodes	12
4.1. Identifications des dangers	12
4.2. Estimation de l'exposition	12
4.3. Choix des relations exposition-risque	13
4.3.1. EIS court terme	13
4.3.2. EIS long terme	15
4.4. Caractérisation du risque	16
4.4.1. Principes du calcul	16
4.4.2. Recueil des données sanitaires	16
5. Résultats	17
5.1. Période d'étude	17
5.2. Population exposée	17
5.3. Estimation de l'exposition	17
5.3.1. Sélection des stations	17
5.3.2. Construction des indicateurs de pollution	19
5.3.3. Indicateurs sanitaires	23
5.4. Caractérisation du risque à court terme	23
5.4.1. Estimation de l'impact sanitaire	23
5.4.2. Impact sanitaire par niveau de pollution	25
5.5. Caractérisation du risque à long terme	33
6. Discussion	33
6.1. Hypothèses, limites et incertitudes	34
6.1.1. Identification des dangers	34
6.1.2. Relations exposition-risque	34
6.1.3. Estimation de l'exposition	34
6.1.4. Caractérisation du risque	35
6.2. Interprétation des résultats	35
7. Conclusion	36
7.1. Un impact collectif non négligeable à court terme	36
7.2. Un impact sanitaire à long terme mesurable	36
7.3. Des stratégies de réduction des émissions plus ou moins efficaces	36
7.4. Des résultats à enrichir et à communiquer	37
8. Références	38
9. Annexes	39

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'Étude 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 la zone de Douai, 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. 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 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

3.1. Choix de la zone d'étude

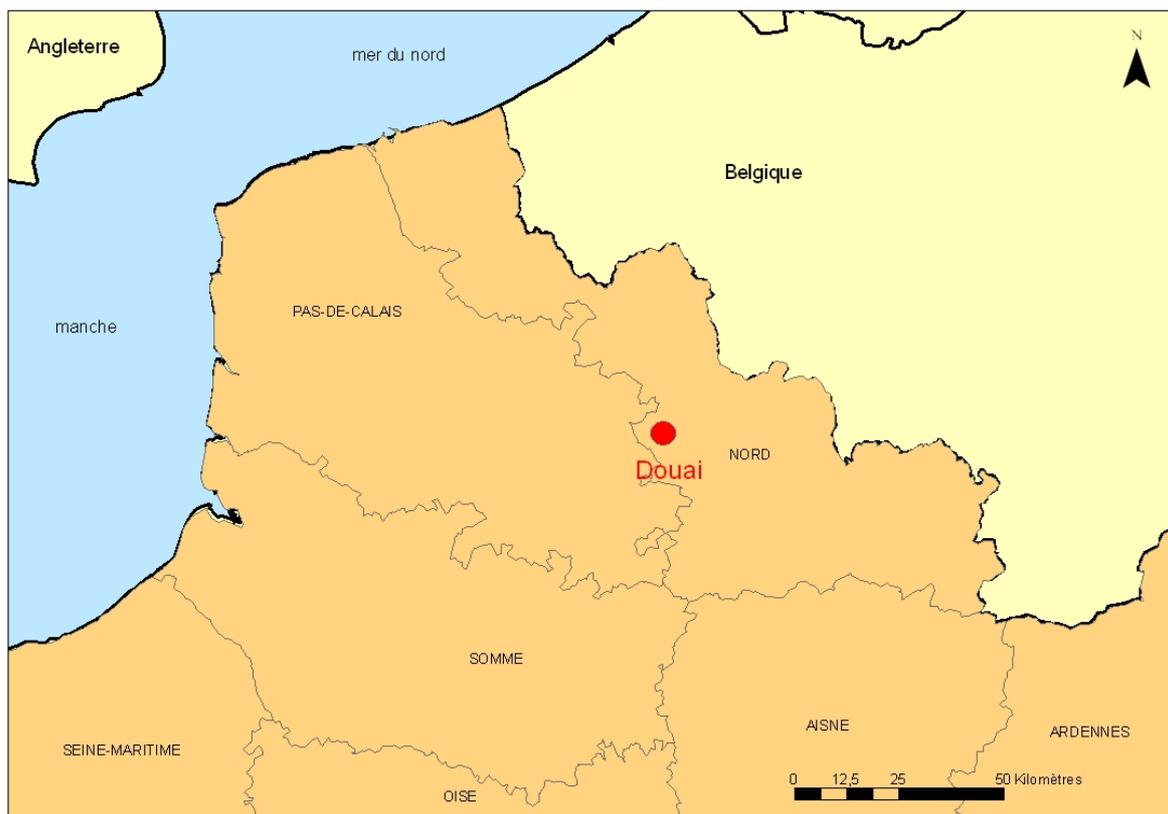
La sélection de la zone d'étude, autour de Douai, repose sur l'identification d'une zone urbaine où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être estimée et considérée comme homogène. Cela implique que la zone d'étude définie réponde aux critères suivants :

- **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.**

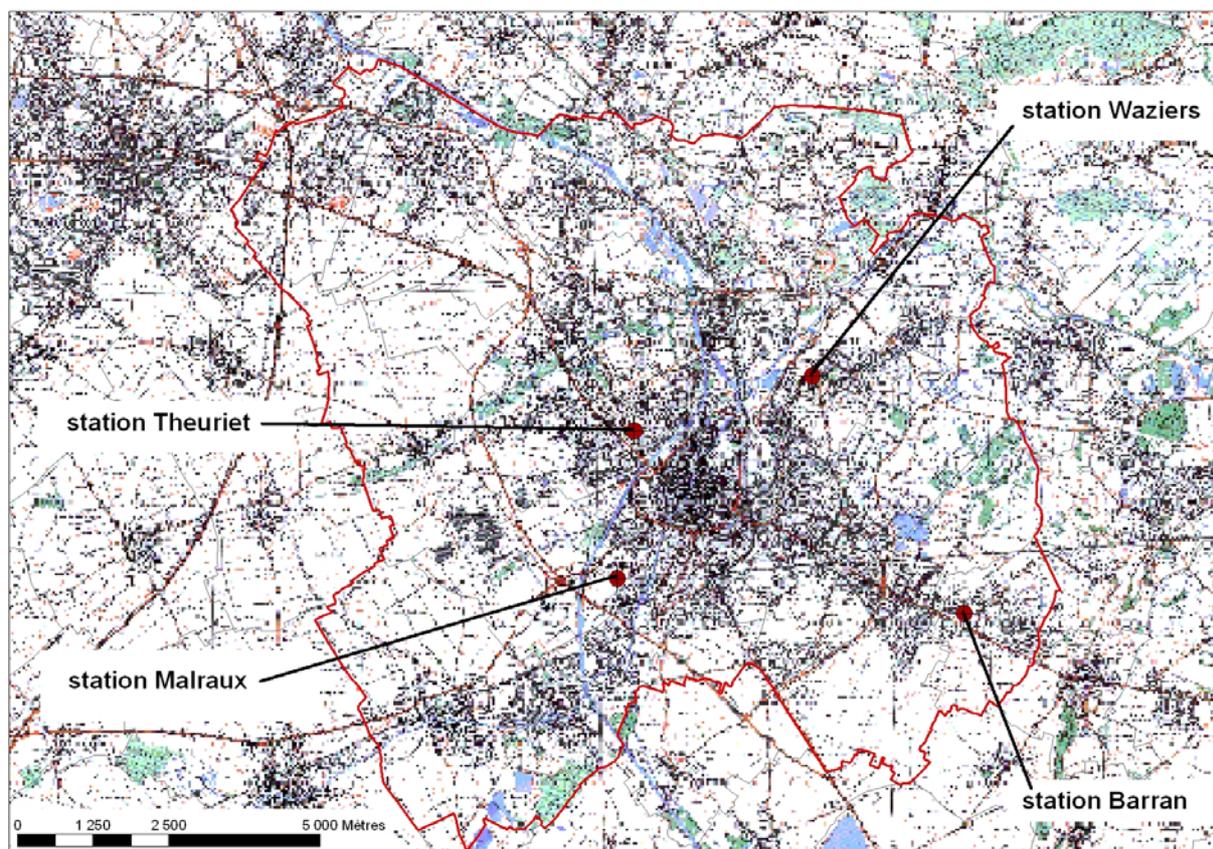
Une première délimitation de la zone d'étude a été réalisée en collaboration avec le réseau de mesures AREMASSE, en fonction des capteurs de pollution. Des mesures sont réalisées par des stations de fonds dans la zone d'étude sur : Douai, Lambres-Lez-Douai, Waziers et Guesnain .

Afin de respecter le principe de continuité urbaine, le choix des communes de l'étude s'est fait sur les communes autour de Douai. Dix sept (17) communes ont été retenues :Auby, Brebières, Corbehem, Courchelettes, Courcelles-lès-Lens, Cuincy, Douai, Esquerchin, Flers-en-Escrebieux, Lambres-Lez-Douai, Lauwin-Planque, Noyelles-Godault, Roost-Warendin, Sin-le-Noble, Waziers, Dechy, Guesnain. Ces communes forment donc une zone « continue et homogène » définissant la zone d'étude.

carte n°1 : localisation de Douai



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 132 739 habitants au dernier recensement INSEE de 1999. La densité globale de cette zone est de 1121 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

Communes	Codes communal	Population 1999	Superficie (km²)	Densité (hab/km²)
Auby	59028	7962	7,12	1117,7
Brebières	62173	4423	10,8	409,6
Corbehem	62240	2319	2,6	891,5
Courchelettes	59156	2847	1,67	1707,2
Courcelles-lès-Lens	62249	6113	5,56	1100,5
Cuincy	59165	6844	7,01	976,7
Douai	59178	42812	18,87	2536,8
Esquerchin	59211	723	5,34	135,4
Flers-en-Escrebieux	59234	5530	7,11	779,2
Lambres-lez-Douai	59329	4908	8,82	556,8
Lauwin-Planque	59334	1901	3,67	517,7
Noyelles-Godault	62624	5568	5,45	1016,3
Roost-Warendin	59509	5746	7,16	802,2
Sin-le-Noble	59569	16974	11,53	1472,0
Waziers	59654	7907	4,34	1822,6
Dechy	59187	5284	9,27	569,9
Guesnain	59287	4878	4,05	1205,4
TOTAL		132739	118,37	1121,2

Le tableau 2 montre la répartition de la population de la zone d'étude par tranche d'âge. Les enfants de 0 à 14 ans représentent 19% de la population. Les 15 - 65 ans constituent à peu près les deux tiers de notre population d'étude et les 65 ans et plus 16%.

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

Communes	Population 0- 14 ans Nombre (%)	Population 15-64 ans Nombre (%)	Population ≥ 65 ans Nombre (%)
Auby	1522 (19)	5114 (64)	1326 (16)
Brebières	869 (20)	2923 (66)	631 (14)
Corbehem	473 (20)	1521 (65)	325 (15)
Courchelettes	568 (20)	1924 (67)	355 (13)
Courcelles-lès-Lens	1332 (21)	3941(65)	840 (14)
Cuincy	1319 (19)	4671(68)	854 (13)
Douai	7626 (19)	28054 (65)	7132 (16)
Esquerchin	114 (16)	492 (68)	117 (16)
Flers-en-Escrebieux	1182 (21)	3485 (64)	863 (15)
Lambres-lez-Douai	849 (18)	3149 (64)	910 (18)
Lauwin-Planque	438 (23)	1298 (68)	165 (9)
Noyelles-Godault	1144 (20)	3620 (65)	804 (15)
Roost-Warendin	1070 (20)	3763 (65)	913 (15)
Sin-le-Noble	3607 (21)	10749 (64)	2618 (15)
Waziers	1770 (22)	4943 (63)	1194 (15)
Dechy	1085 (20)	3287 (62)	912 (17)
Guesnain	909 (19)	3107 (64)	862 (17)
TOTAL	25877(19)	86041(65)	20821(16)

3.2.2. Déplacements domicile- travail

L'étude des déplacements de population (navettes domicile - travail) par commune au sein de l'unité urbaine de Douai (zone correspondant à l'agglomération de Douai) indique que 79% des actifs ayant un emploi se déplacent à l'intérieur de cette zone (source : Drass d'après données INSEE). Parmi ces actifs, 31% travaillent dans leur commune de résidence. Par ailleurs, les chômeurs au moment du recensement de 99 représentaient 21% 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

Pour cette étude nous avons pris tous les résumés de sortie anonymisés (RSA) des patients habitant la zone d'étude en provenance du domicile, dans l'ensemble des établissements de soins publics et privés de la région.

3.3. Sources de pollution

Tableau 3 : contribution des deux grands types de source aux émissions des principaux polluants, Citepa 1997.

Polluants	SO ₂	CO	NOx	COVNM
Emissions (Tonnes)	9971	25719	6114	9942
Origines principales en % de l'émission totale				
-résidence et tertiaire	3,4	22,3	4,5	13,3
-industrie et traitement des déchets	52,8	1,3	49,2	50,4
-transports routiers	3,5	76,0	26,4	32,8

Les sources fixes, sur « l'Aire Urbaine » de Douai, sont responsables de près de la moitié des rejets en SO₂, COVNM et en Nox alors que le CO est issu pour près des ¾ de la pollution émise par le transport routier (enquête CITEPA 1997) (cf tableau 3).

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, 4 stations qui mesurent la pollution de fond couvrent la zone d'étude : 3 stations urbaines mesurant la pollution de fond du centre urbain et 1 station périurbaine mesurant la pollution de fond en périphérie du centre urbain. 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
Malraux - Lambres-Lez-Douai	Urbain	1999	1999	1999	1999
Rolland - Waziers	Urbain	2000	2000	2000	2000
Theuriet - Douai	Urbain	1998	1998	1998	1998
Barrand - Guesnain	Périurbain	X	1999	1999	x

*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 pour l'ozone correspond à la valeur maximale des valeurs des moyennes glissantes sur 8 heures.

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 CapiDC 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 2000, 2001 et 2002. Les données de mortalité ne sont disponibles que pour l'année 2000.

Deux périodes d'étude sont donc définies, l'année 2000 (pour les analyses des mortalités à court terme et à long terme) et la période allant du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2002 pour l'analyse de la morbidité (soit 3 ans). 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.

Les données météorologiques disponibles ne montrent pas d'hétérogénéité importante entre les années étudiées et les années précédentes.

Tableau 11 : Comparaison des paramètres météorologiques de la station de Douai des années 2000 - 2001 et 2002 avec ceux moyennés sur la période 1990-2000

	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 2000	16,9	11,1	-6,5	32	43	151	185	116	26	68
Année 2001	17,7	10,6	-6	34	37	156	209	128	22	55
Année 2002	17,5	10,9	-8,5	31,5	41	128	177	130	33	75
Moyenne des années 1990- 2000	17,4	10,7	-9,2	33	36	129	215	138	27	67

5.2. Population exposée

La zone d'étude, composée des 17 communes, regroupe une population de 132739 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 I.

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 (annexe II); une station donnée doit pouvoir être qualifiée, du point de vue de son environnement, comme représentative de l'exposition de la population. Le SO₂ n'est pas étudié car la corrélation entre les stations n'est pas bonne et la moyenne annuelle est inférieure à 10 µg/m³.

En tenant compte de la zone d'étude et de la période considérée, 4 stations de mesure sont retenues pour les analyses. Il s'agit de la station urbaine Douai Theuriet de la rue des acacias à Douai, de la station urbaine Malraux de la rue du Maréchal Leclerc à Lambres-Lez-Douai, de la station urbaine Waziers Rolland à l'allée Georges Larue à Waziers et de la station périurbaine Guesnain Barrand au stade Barrand.

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour l'année 2000

	O3 été	NO2 année	NO2 été	NO2 hiver	PM10 année	PM10 été	PM10 hiver
Nombre de jours de mesures	183	366	183	183	366	183	183
Minimum	13	8	8	9	7	8	7
Percentile 5	28	13	13	15	10	10	11
Percentile 25	40	21	19	23	14	14	14
Médiane	47	28	26	32	18	18	17
Percentile 75	56	37	34	41	24	23	24
Percentile 95	73	53	45	65	36	36	38
Maximum	85	92	57	92	62	57	62
Moyenne journalière	48	30	27	33	20	20	20
Ecart-Type	13,3	12,9	10,2	14,4	8,5	8,0	9,0
% Valeurs manquantes	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 2000 - 2002

	O3 été	NO2 année	NO2 été	NO2 hiver	PM10 année	PM10 été	PM10 hiver
Nombre de jours de mesures	552	1096	552	544	1096	552	544
Minimum	20	2	2	3	5	7	5
Percentile 5	44	7	6	10	10	11	9
Percentile 25	63	13	11	18	14	15	14
Médiane	76	20	16	26	19	20	18
Percentile 75	89	29	23	36	26	26	26
Percentile 95	130	47	36	52	41	40	43
Maximum	199	105	61	105	135	56	135
Moyenne journalière	79	23	18	28	21	22	21
Ecart-Type	26,1	12,7	9,4	13,6	10,6	9,0	12,0
%Valeurs manquantes	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 O_3 , PM_{10} et à la valeur limite pour la protection de la santé pour le NO_2 . Ces niveaux de référence sont les suivants (décret 2002-213 du 15 février 2002) :

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 PM_{10} : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

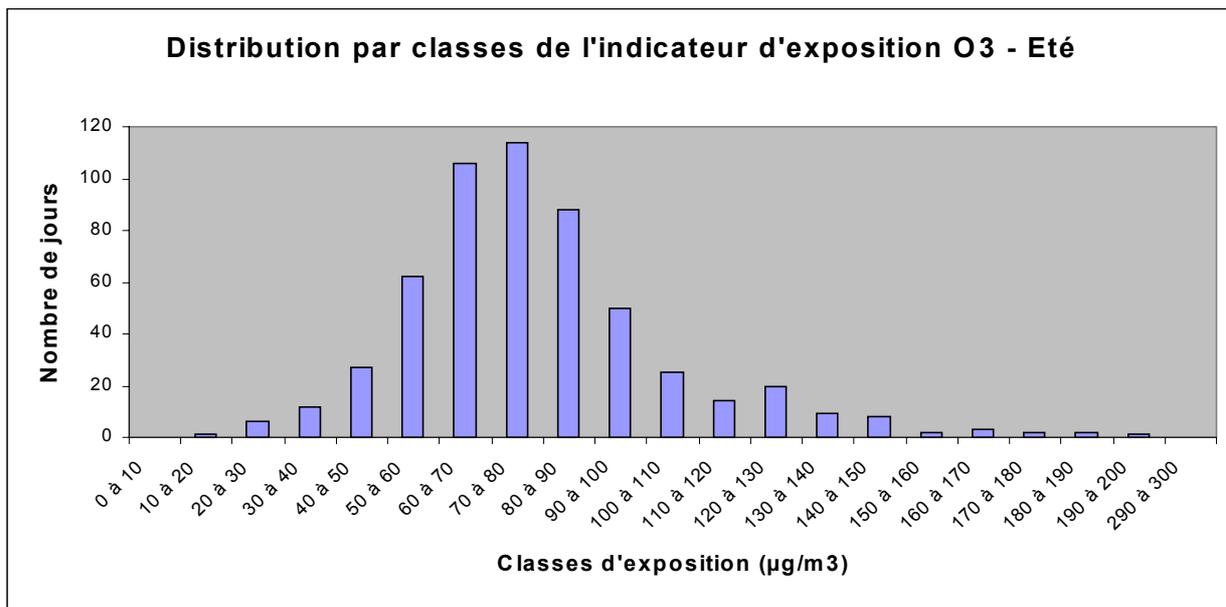
Les niveaux de référence choisis sont inférieurs aux seuils de recommandations présentés ci-dessous (décret 2002-213 du 15 février 2002 pour NO_2 et SO_2 et directive européenne du 12/02/2002 pour l' O_3) :

indicateur O_3 : $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

indicateur NO_2 : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

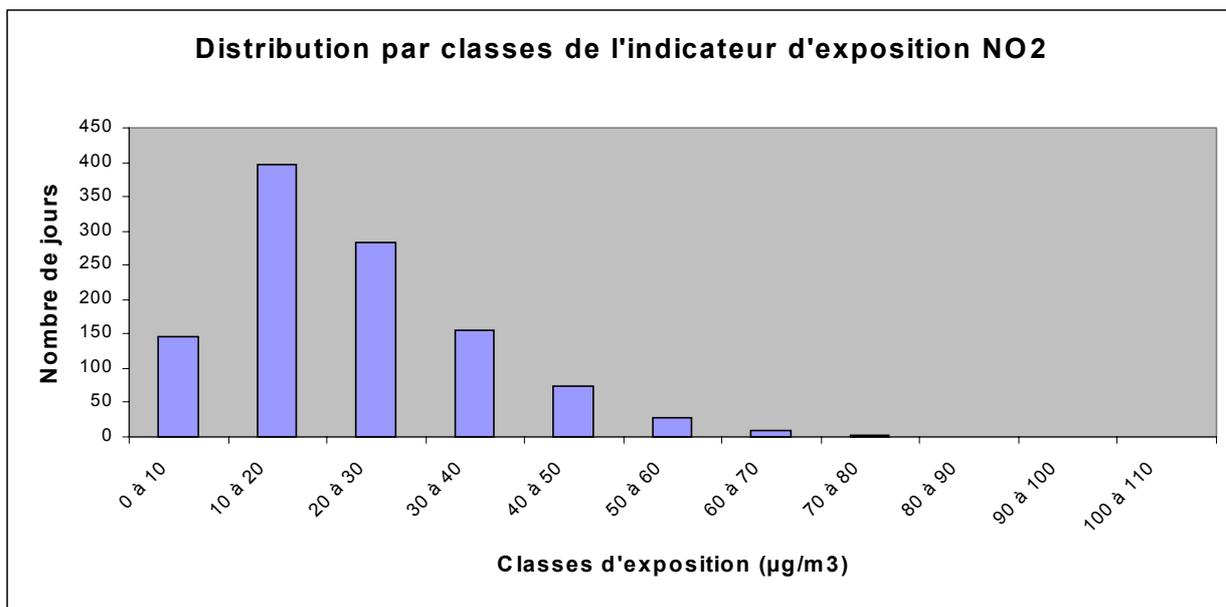
La comparaison des statistiques descriptives des indicateurs d'exposition pour NO_2 et O_3 entre 2000 et 2002 ne montre pas de réelles différences. Les distributions des indicateurs par classe sont présentées pour les 3 années réunies dans les figures suivantes.

Figure 1 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃ (Douai 00- 02)



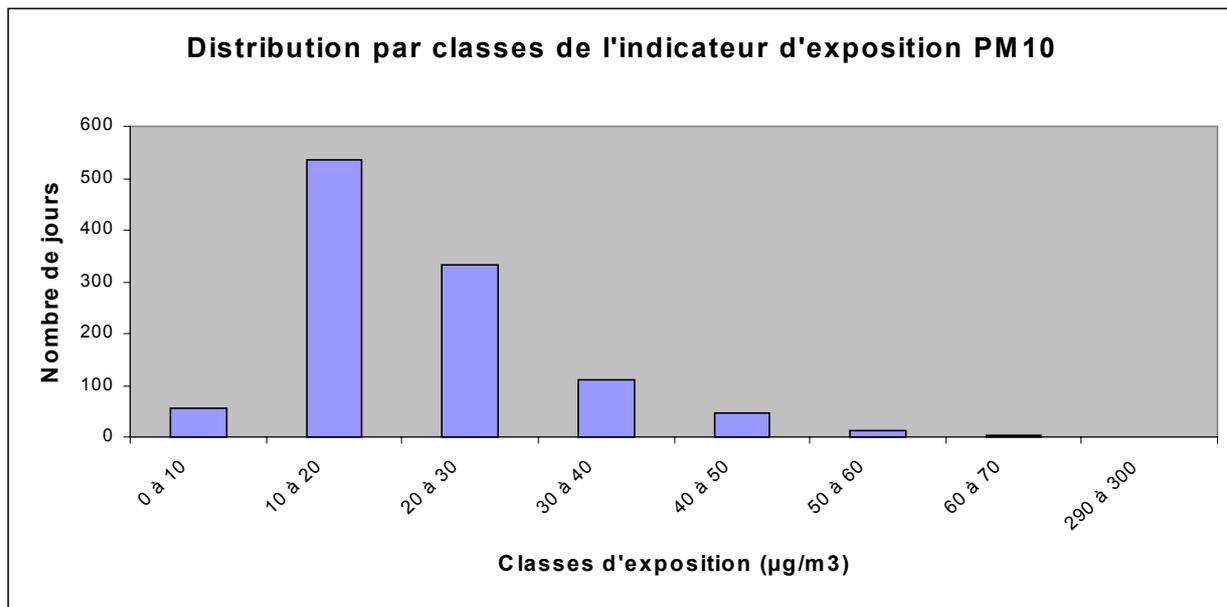
L'objectif de qualité pour l'ozone (110 µg/m³ en moyenne annuelle) est respecté pour 90% de la période.

Figure 2 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition NO₂ (Douai, 00 - 02)



L'objectif de qualité pour le NO₂ (40 µg/m³) est respecté pour 90% de la période

Figure 3 : Distribution par classe de l'indicateur d'exposition PM10 (Douai 00 - 02)



L'objectif de qualité pour les PM10 (30 µg/m³) est respecté pendant 85 % 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 2000; 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, 2000

Année 2000	Nombre total de décès			Moyenne journalière		
	Été	Hiver	Année	Été	Hiver	Année
Mortalité toutes causes	573	545	1118	1,57	1,15	3,06
Mortalité respiratoire	45	57	102	0,12	0,16	0,28
Mortalité cardio-vasculaire	177	167	347	0,48	0,46	0,95

Morbidité

Les informations relatives à la morbidité hospitalière ne sont disponibles que pour les années 2000-2002, 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, en provenance du domicile, dans l'ensemble des établissements de soins publics ou privés de la région qui participent au PMSI.

Tableau 15 : Nombre d'admissions hospitalières sur la zone d'étude de 2000 à 2002

De 2000 à 2002	Motifs respiratoires		Motifs cardio-vasculaires	Motifs cardiaques	
	15-64 ans	≥ 65 ans	Tous âges	< 65 ans	≥ 65 ans
Année	986	1424	5555	3517	2464
Été			3132		
Hiver			2423		

5.4. Caractérisation du risque à court terme

Pour la période 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 30 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 III.

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 2000 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 2000	
Mortalité toutes causes	14,9 [10,4 – 19,4]	
Mortalité respiratoire	3,0 [1,0 – 3,2]	
Mortalité cardio-vasculaire	6,2 [2,2 – 10,2]	

Ainsi, sur la zone étudiée, le nombre total de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique sur l'année 2000 s'élève à 14,9 décès dont 6,2 décès par mortalité cardio-vasculaire et 3,0 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 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		
	Années	hiver	été
Morbidité respiratoire			
65 ans et plus	22,34 [11,07 – 39,64]		
Morbidité cardio-vasculaire		49,47 [29,58 – 69,51]	28,0 [16,3–39,8]
Morbidité cardiaque			
tous âges	20,21 [8,07 – 32,40]		
65 ans et plus	19,43 [11,09 – 27,81]		

Sur la période 2000 - 2002, l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique est de 49,5 hospitalisations pour les pathologies cardio-vasculaire en hiver (28,0 en été) et 22,3 pour les pathologies respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus (le nombre de cas attribuables pour la morbidité respiratoire chez les 15-64 ans n'est pas significatif). Le nombre de cas annuel est donc respectivement de 17 et 7.

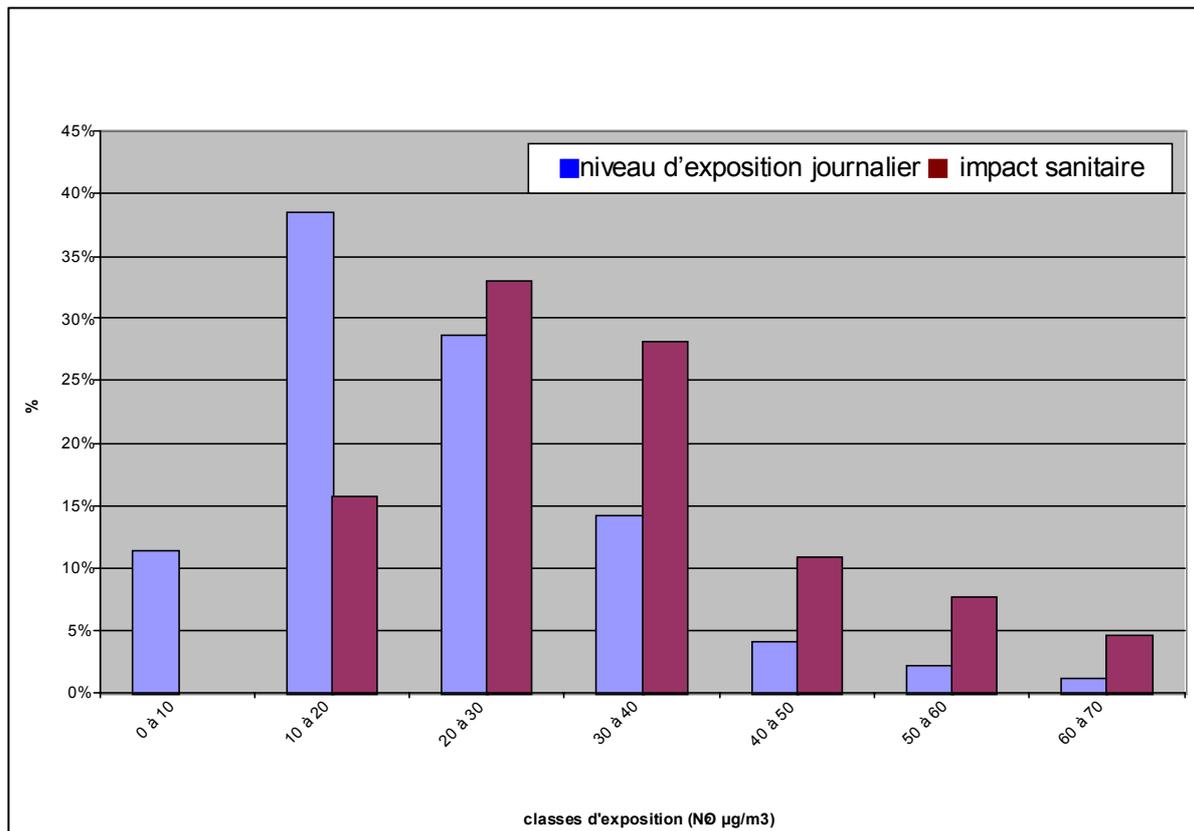
Les admissions hospitalières pour motif cardiaque attribuables à la pollution atmosphérique représentent tous âges pour ces trois années sont de 20,2 ; ces chiffres sont du même ordre que le nombre d'admissions hospitalières calculées pour les personnes âgés de 65 ans et plus (19,4) s'expliquant par le fait que cette population est à l'origine d'une grande partie des hospitalisations cardiaques.

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

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 4 illustre ainsi la contribution des pics de pollution à l'impact sanitaire en terme de mortalité toutes causes sur l'année 2000.

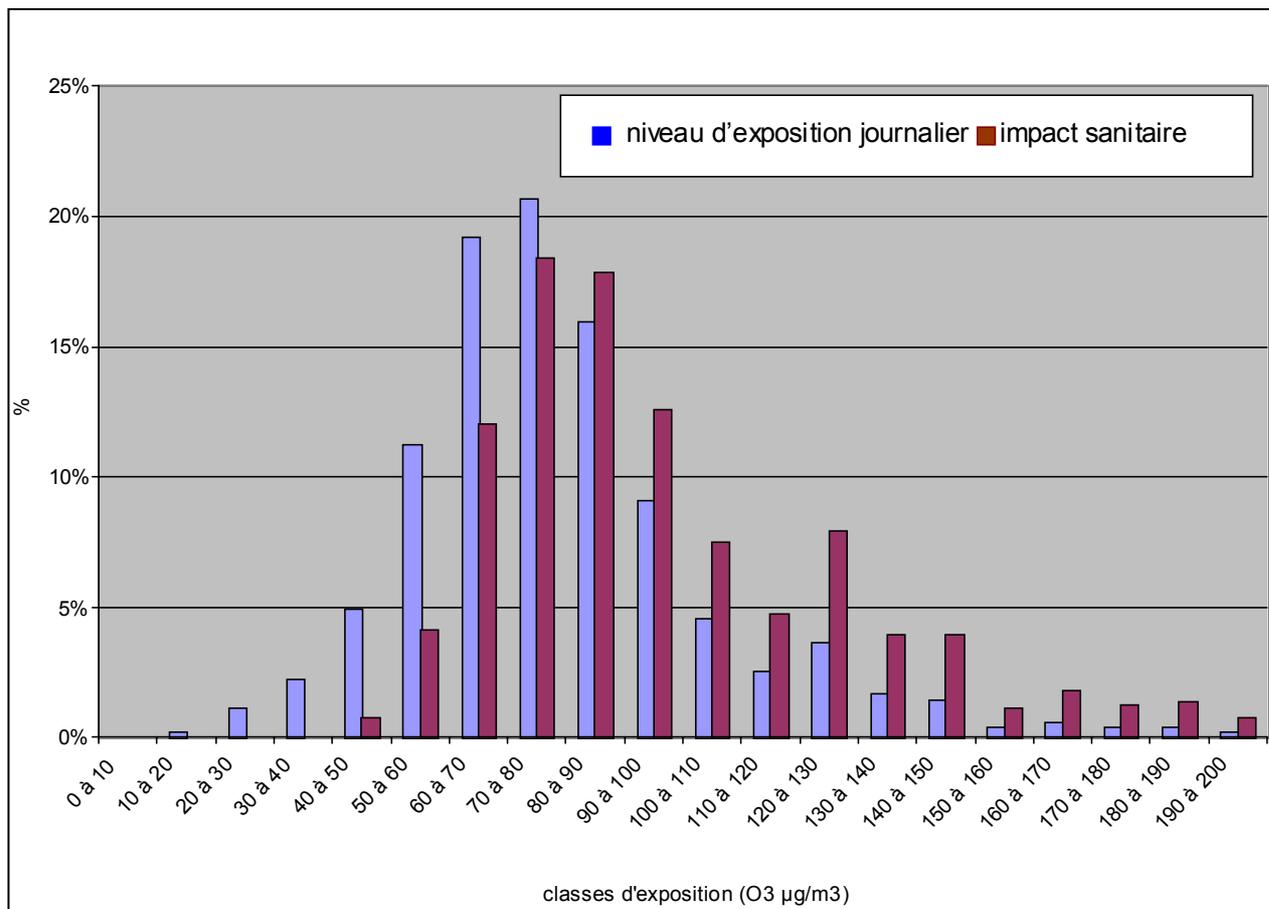
Figure 4 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et impact sanitaire associé (Mortalité toutes causes, Douai, année 2000)



Concernant l'exposition au NO₂ pour l'année 2000, les niveaux d'exposition respectant l'objectif de qualité de 40 µg/m³ (décret 2002-213 du 15 février 2002) sont responsables d'environ 76% des décès anticipés.

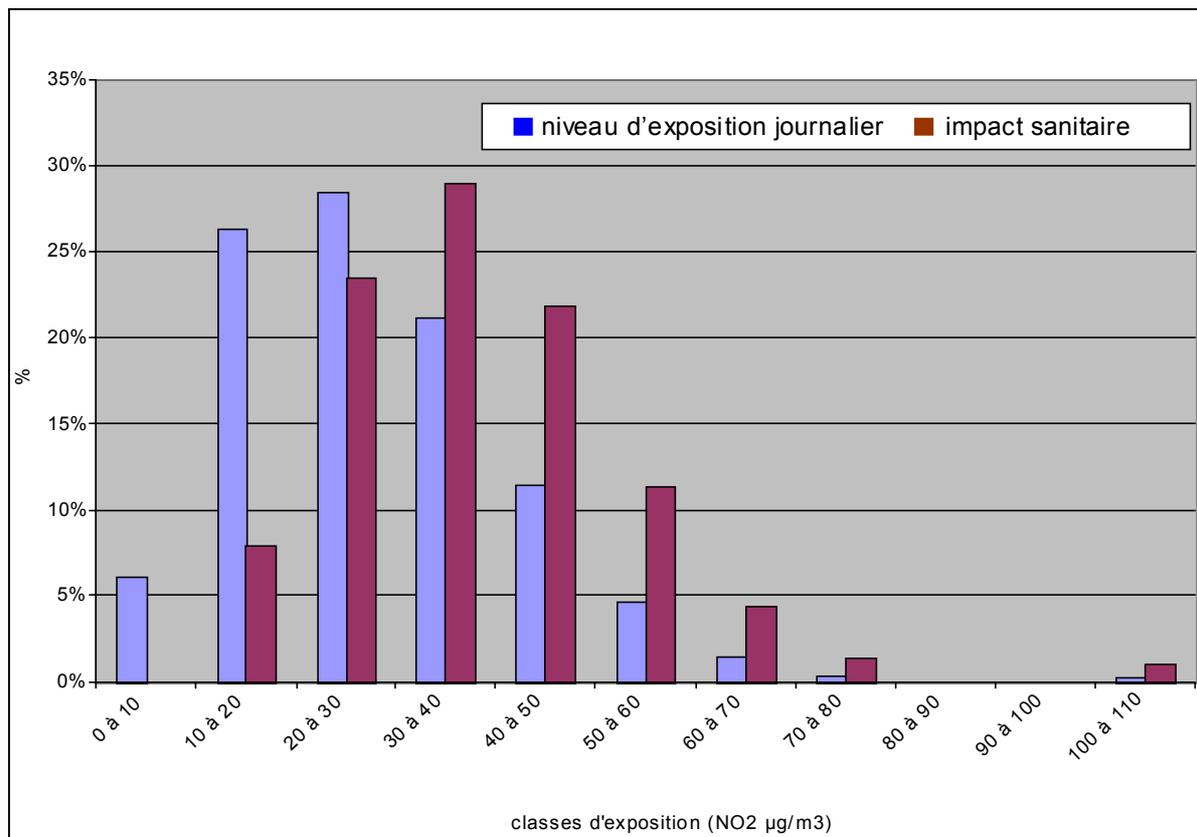
La répartition de l'impact sanitaire en fonction de chaque niveau d'exposition est représentée pour les trois indicateurs de morbidité sur les figures 8 à 10 pour les 3 années de l'étude.

Figure 5 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers à l'ozone et impact sanitaire associé (Morbidité respiratoire chez les sujets âgés de 65 ans et plus, Douai, 00- 02)



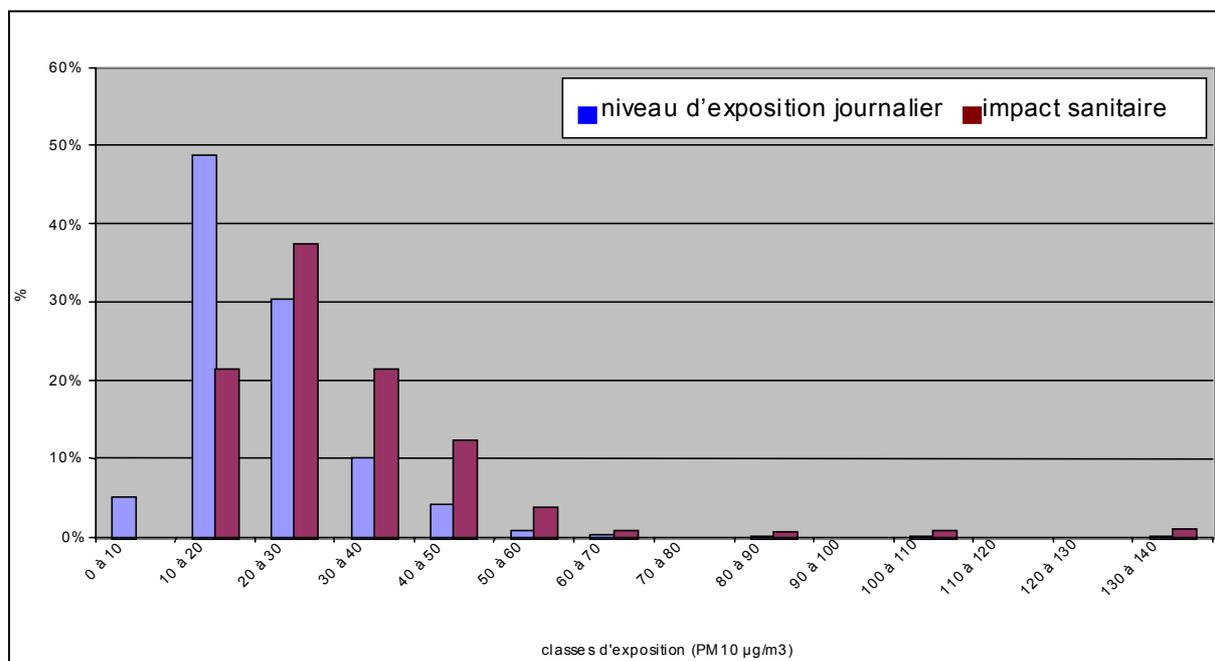
Pour l'ozone, le respect des normes ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures) est responsable de presque 75% des admissions hospitalières, dues à la pollution atmosphérique, des personnes âgées de 65 ans et plus pour cause respiratoire.).

Figure 6 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et impact sanitaire associé (Morbidité cardio-vasculaire, Douai, 00 - 02)



Environ 49% 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 7 : Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers aux PM10 et impact sanitaire associé (Morbidité cardiaque, Douai, 00 - 02)



En ce qui concerne les PM10, le non respect de ces normes ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) correspond à 41% de l'impact sanitaire associé.

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 O_3 : le niveau de référence est de $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures

indicateur NO_2 : le niveau de référence est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

indicateur PM10 : le niveau de référence est de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

Scénario 2 : gain sanitaire lié à la diminution de x % de la moyenne annuelle pour chaque polluant : 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, Douai, 2000**

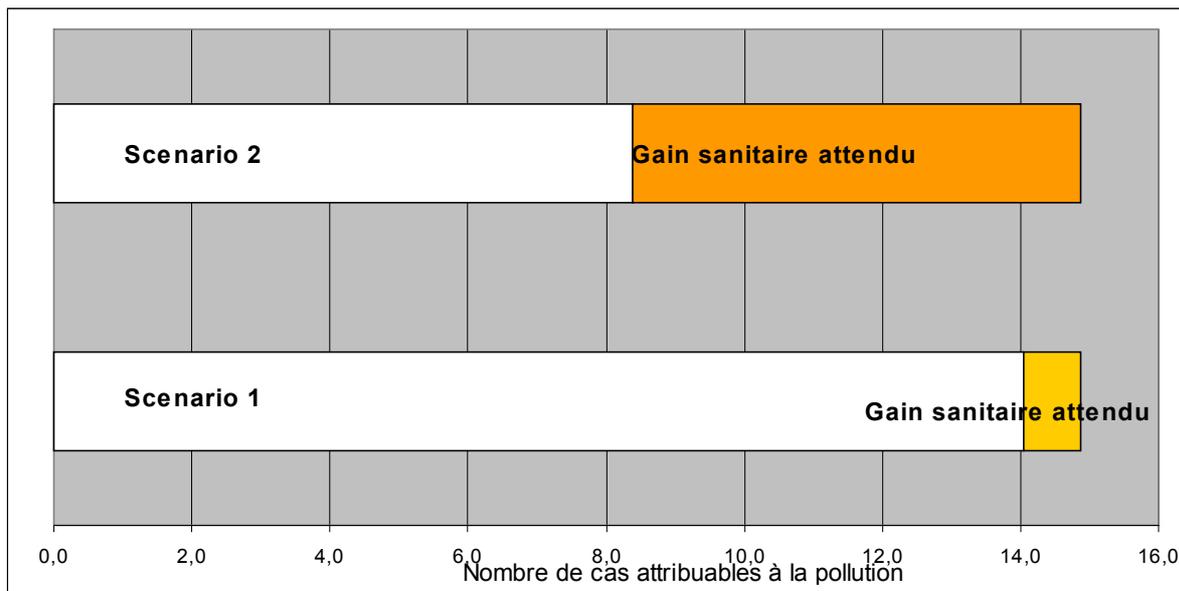
Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas évitables
	Année 2000
Mortalité toutes causes	
- Scénario 1	0,82 [0,58 – 1,07]
- Scénario 2	6,51 [4,56 – 8,45]
Mortalité respiratoire	
- Scénario 1	0,07 [0,04 – 0,11]
- Scénario 2	1,05 [0,52 – 1,66]
Mortalité cardio-vasculaire	
- Scénario 1	0,22 [0,08 – 0,4]
- Scénario 2	3,28 [1,20 – 5,38]

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, la diminution de 25% des niveaux journaliers de la pollution au NO₂ montre un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de l'ordre de 43,7%, avec un nombre de décès anticipés évitables égal à 6,5 cas comparé à 0,8 cas avec le scénario 1.

Pour les mortalités respiratoire et cardio-vasculaire anticipées, les gains sanitaires obtenus avec le scénario 1 sont respectivement de 2,3 % et 3,5 % alors qu'ils sont respectivement de 35 et 52 % 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 8 : 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.

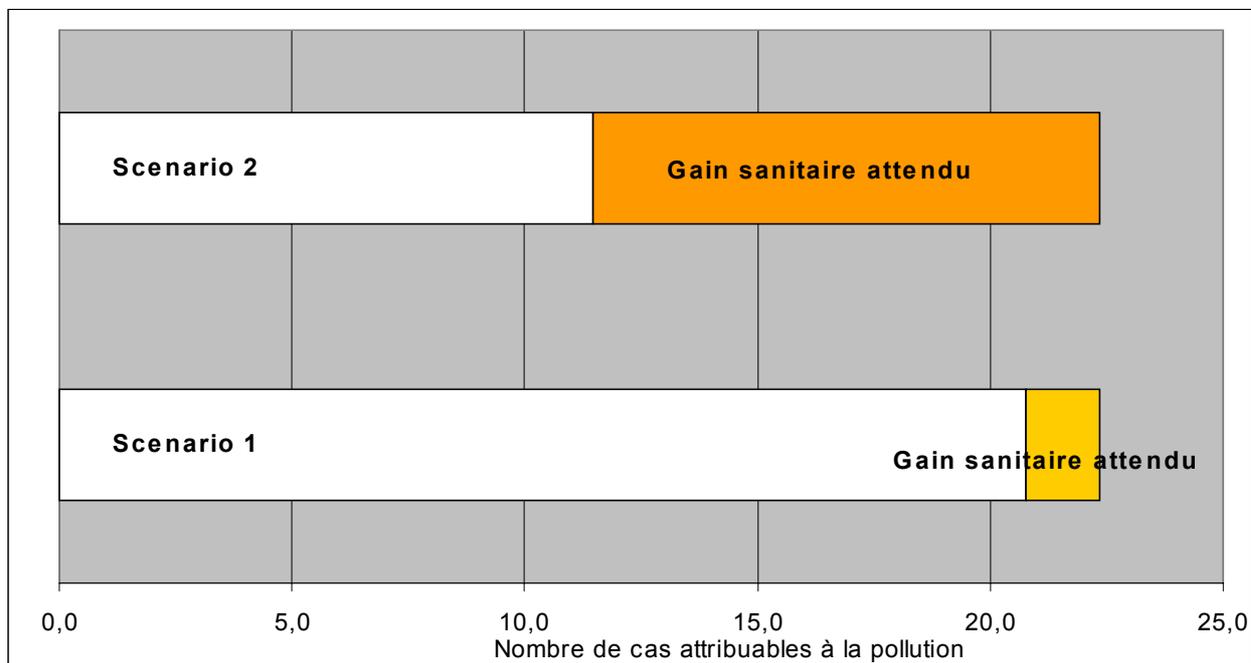
Le gain sanitaire obtenu avec le scénario 1 sur la morbidité cardio-vasculaire passe de 0,7 cas en été à 4,8 cas en hiver.

Tableau 19 : Nombre d'admissions hospitalières évitées suivant les scénarii de diminution de la pollution de l'air, Douai, 2000 - 2002

Indicateurs sanitaires d'exposition	Nombre de cas évitables		
	Années	hiver	été
Morbidité respiratoire 65 ans et plus			
- Scénario 1	1,6 [0,8 – 2,8]		
- Scénario 2	10,9 [5,4 – 19,1]		
Morbidité cardio-vasculaire			
- Scénario 1		4,8 [2,9 – 6,7]	0,7 [0,4– 1,1]
- Scénario 2		18,9 [11,3 – 26,4]	14,8 [8,6–20,9]
Morbidité cardiaque			
Tous âges :			
- Scénario 1	2,8 [1,1 – 4,3]		
- Scénario 2	9,3 [3,7 – 14,9]		
65 ans et plus :			
- Scénario 1	2,6 [1,5 – 3,8]		
- Scénario 2	8,9 [5,1 – 12,8]		

L'efficacité des scénarii est illustrée sous forme graphique (figures 9 à 11).

Figure 9 : Gain sanitaire concernant la morbidité respiratoire chez les sujets âgés de plus de 65 ans (Douai, 00 - 02)



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 49% avec 11 admissions hospitalières pour cause respiratoire de personnes de plus de 65 ans évitables sur les 22,3 admissions imputables à la pollution atmosphérique.

Figure 10: Gain sanitaire concernant la morbidité cardiovasculaire (Douai, 00 - 02)

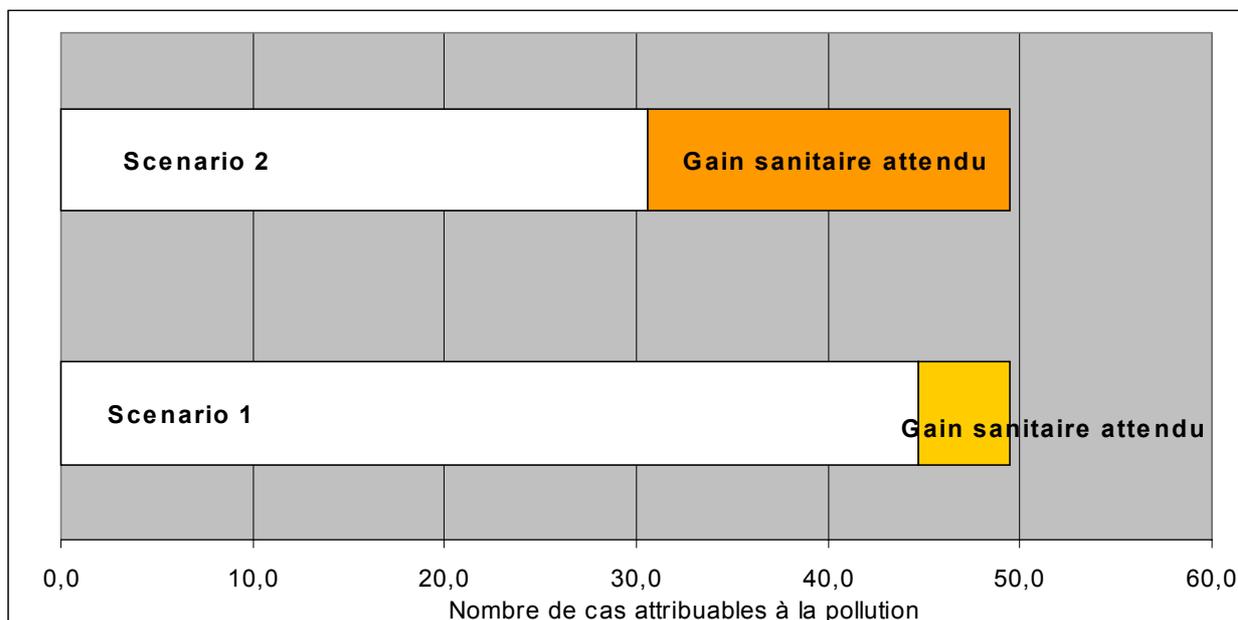
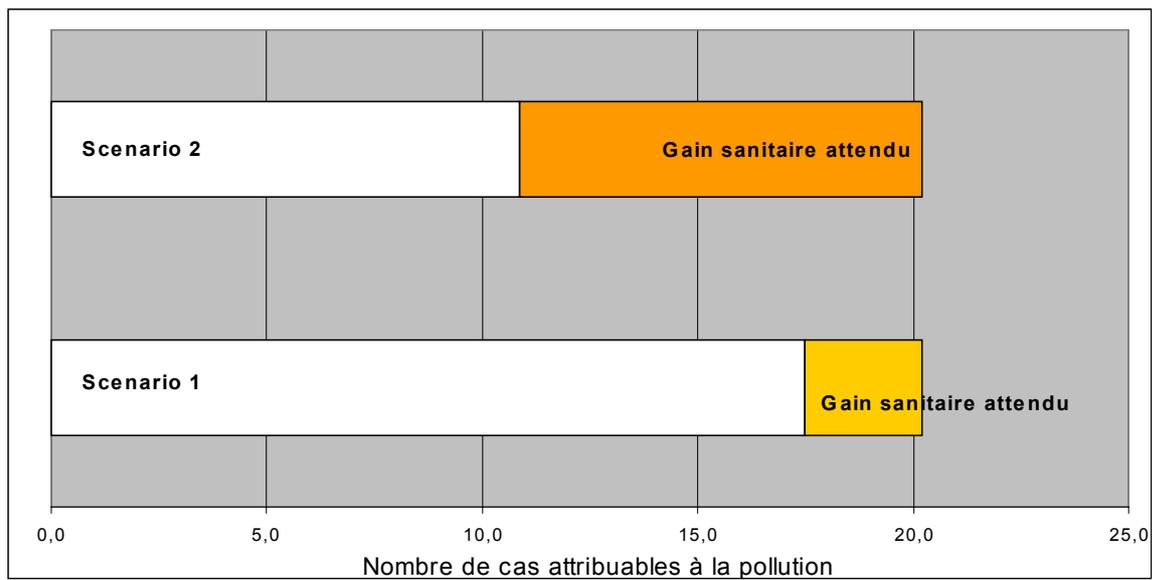


Figure 11 : Gain sanitaire concernant la morbidité cardiaque tous âges (Douai, 00 - 02)



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	2000		
	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/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 µg/m ³	4,52	2,76	6,37
Scénario 3 : gain sanitaire lié à la diminution de 5 µg/m ³ de la moyenne annuelle	24,85	15,09	35,09
Scénario 4 : Gain sanitaire attribuable à une diminution des niveaux de 25 %	24,84	15,08	35,09

Le gain sanitaire obtenu avec le premier scénario est nul puisque la moyenne annuelle observée sur les données de l'année 2000, égale à 20 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 permet d'avoir un gain de 4 à 5 décès évitables.

Le scénario 3 et le scénario 4 qui correspondent moyenne annuelle d'environ 15 µg/m³ permettraient un gain sanitaire de près de 25 décès évitables.

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 17 communes voisines de Douai 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 de Douai, évalué par rapport à une situation théorique de référence, a été estimé à 15 décès anticipés, dont 6 décès pour pathologie cardio-vasculaire et 3 pour pathologie respiratoire, et 17 admissions pour cause cardio-vasculaire et 8 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 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2000. La norme européenne 2010 est d'ores et déjà respectée. Une diminution de 5 à 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit environ 25%) de la moyenne actuelle permettrait d'éviter 25 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 37% de la mortalité toutes causes confondues et d'une réduction de 38% 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 : Récapitulatif des différentes valeurs enregistrées par les stations de mesure utilisées par l'AREMASSE.

ANNEXE II : Coefficients de corrélation, distribution des indicateurs d'exposition et récapitulatif des données des quatre stations retenues pour l'étude sur la période d'étude.

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

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

Ozone, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
stations			années		
lieu		type	2000	2001	2002
Lambres-Lez-Douai	Malraux	Urbain	39	43	42
Waziers	Rolland	Urbain	indisponible	indisponible	indisponible
Douai	Theuriet	Urbain	38	41	41
Guesnain	Barrand	Périurbain	43	45	45

Dioxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
stations			années		
lieu		type	2000	2001	2002
Lambres-Lez-Douai	Malraux	Urbain	23	25	25
Waziers	Rolland	Urbain	nc	23	nc
Douai	Theuriet	Urbain	23	27	24
Guesnain	Barrand	Périurbain	20	19	nc

Monoxyde d'azote, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
stations			Années		
lieu		type	2000	2001	2002
Lambres-Lez-Douai	Malraux	Urbain	6	12	9
Waziers	Rolland	Urbain	nc	8	nc
Douai	Theuriet	Urbain	6	11	6
Guesnain	Barrand	Périurbain	4	7	nc

Dioxyde de soufre, moyenne mensuelle en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
stations			années		
lieu		type	2000	2001	2002
Lambres-Lez-Douai	Malraux	Urbain	9	8	7
Waziers	Rolland	Urbain	nc	nc	nc
Douai	Theuriet	Urbain	6	7	6
Guesnain	Barrand	Périurbain	-	-	-

Poussières en suspension, moyenne mensuelle en microg/m³					
stations			années		
lieu		type	2000	2001	2002
Lambres-Lez-Douai	Malraux	Urbain	20	21	20
Waziers	Rolland	Urbain	Indisponible	indisponible	indisponible
Douai	Theuriet	Urbain	22	24	22
Guesnain	Barrand	Périurbain	-	-	-

nc= non calculé

Annexe II

Coefficient de corrélation des stations de mesure du O₃

stations	Theuriet	Malraux	Barrand	Rolland
Theuriet	1			
Malraux	0,98	1		
Barrand	0,94	0,97	1	
Rolland	0,98	0,97	0,98	1

Coefficient de corrélation des stations de mesure du PM10

stations	Theuriet	Malraux	Rolland
Theuriet	1		
Malraux	0,83	1	
Rolland	0,85	0,85	1

Coefficient de corrélation des stations de mesure SO₂

stations	Theuriet	Malraux	Rolland
Theuriet	1		
Malraux	0,43	1	
Rolland	0,35	0,26	1

Coefficient de corrélation des stations de mesure NO₂

stations	Theuriet	Malraux	Barrand	Rolland
Theuriet	1			
Malraux	0,90	1		
Barrand	0,86	0,87	1	
Rolland	0,89	0,87	0,88	1

Distribution de l'indicateur d'exposition O₃ en µg/m³ par station, valeur maximale des valeurs des moyennes glissantes sur 8h, Douai, 2000- 2002

	Malraux Lambres-lez-Douai	Rolland Waziers	Theuriet Douai	Barrand Guesnain
Moyenne	41,3	41,8	40,1	44,1
Médiane	40	40	38	43
Ecart type	29,4	29,3	30,2	29,9
Centile 5	2	1	0	1
Centile 25	18	19	15	21
Centile 75	60	60	59	63
Centile 95	89	89	90	93
Minimum	0	0	0	0
Maximum	222	221	233	235
% V.M.	4,6	51,3	2,2	5,9

Distribution de l'indicateur d'exposition NO₂ en µg/m³ par station, Douai, 2000-2002

	Malraux Lambres-lez-Douai	Rolland Waziers	Theuriet Douai	Barrand Guesnain
Moyenne	24,5	21,9	24,9	19,0
Médiane	20	19	21	15
Ecart type	17,0	15,5	18,2	15,9
Centile 5	4	3	3	1
Centile 25	11	10	10	7
Centile 75	34	31	36	27
Centile 95	57	51	59	51
Minimum	0	0	0	0
Maximum	160	126	148	133
% V.M.	1,0	28,7	4,7	8,0

**Distribution de l'indicateur d'exposition SO₂ en µg/m³ par station,
Douai, 2000-2002**

	Malraux Lambres-lez-Douai	Rolland Waziers	Theuriet Douai
Moyenne	8,1	9,5	6,4
Médiane	3	5	3
Ecart type	11,4	11,3	10,0
Centile 5	0	2	0
Centile 25	3	3	2
Centile 75	9	12	6
Centile 95	28	30	24
Minimum	0	0	0
Maximum	209	206	260
% V.M.	3,6	88,6	22,6

**Distribution de l'indicateur d'exposition PM10 en µg/m³ par station,
Douai, 2000- 2002**

	Malraux Lambres-lez-Douai	Rolland Waziers	Theuriet Douai
Moyenne	20,1	20,1	22,8
Médiane	17	18	19
Ecart type	13,5	10,6	15,0
Centile 5	6	7	7
Centile 25	12	12	13
Centile 75	25	26	28
Centile 95	44	40	49
Minimum	0	0	0
Maximum	199	76	297
% V.M.	1,0	88 ,6	3,5

ANNEXE III

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

Court terme		pour 1 an			pour la période 00-02		
		IC à 95%			IC à 95%		
		NA	inf	sup	NA	inf	sup
morbidity respiratoire	O3 été Morbi respi 15-64	3,2	0	8,2	9,7	0	24,6
	O3 été morbi respi 65+	9,2	4,6	16,4	27,7	13,7	49,3
	NO2 morbi respi 15-64	0,9	0	3,0	2,6	0	9,1
	NO2 morbi respi 65+	2,5	0	7,5	7,5	0	22,5
morbidity cardio vasculaires	PM10 morbi respi 65+	4,9	3,3	7,1	14,8	9,8	21,4
	PM10 morbi cardiaque	6,7	2,7	10,8	20,2	8,1	32,4
	PM10 morbi cardiaque 65+	6,5	3,7	9,3	19,4	11,1	27,8
	NO2 hiv morbi cardiovasc	16,5	9,9	23,2	49,5	29,6	69,5
mortalité totale	NO2 été morbi cardiovasc	9,3	5,4	13,2	28,0	16,3	39,8
	O3 été mortalité tot	17,4	7,4	25,0			
	NO2 mortalité tot	14,9	10,4	19,4			
mortalité cardio vasculaire	PM10 mortalité tot	7,8	5,2	10,4			
	O3 été mortalité cardiovasc	7,9	2,8	13,2			
mortalité respiratoire	NO2 mortalité cardiovasc	5,21	2,2	7,9			
	O3 mortalité respi	2,5	1,2	4,1			
	NO2 mortalité respi	1,7	0,6	2,7			