



1^{er} octobre 1998 - 30 septembre 1999

Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération Mancelle

Novembre 2001



MINISTÈRE DE L'EMPLOI
ET DE LA SOLIDARITÉ

ODAS DE LA SARTHE



MINISTÈRE DE L'EMPLOI
ET DE LA SOLIDARITÉ

Préfecture de la Sarthe

Direction Départementale des
Affaires Sanitaires et Sociales

**IMPACT SANITAIRE
DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE
SUR L'AGGLOMERATION MANCELLE**

1^{er} octobre 1998 – 30 septembre 1999

Novembre 2001

SOMMAIRE

I - DESCRIPTION DE LA ZONE

1. Population
2. Sources de pollution
3. Météorologie et topographie
4. Surveillance de la qualité de l'air
5. Synthèse des critères de sélection de la zone d'étude

II - MATERIEL ET METHODE

1. Identification des dangers
2. Estimation de l'exposition
 - 2.1. Principe
 - 2.2. Choix des polluants
 - 2.3. Période d'étude
 - 2.4. Sélection des stations
3. Choix de la relation risque
4. Caractérisation du risque
 - 4.1. Principe
 - 4.2. Calcul pratique
 - 4.3. Recueil des données de mortalité
 - 4.4. Recueil des données d'admissions hospitalières

III - RESULTATS

1. Estimation de l'exposition
 - 1.1. Population exposée
 - 1.2. Niveaux d'exposition
 - 1.2.1. Sélection des stations
 - 1.2.2. Indicateurs d'expositions
2. Caractérisation du risque
 - 2.1. Impact sur la mortalité anticipée
 - 2.2. Impact sur la morbidité hospitalière

IV - DISCUSSION

1. Les erreurs et incertitudes
 - 1.1. Identification des dangers
 - 1.2. Estimation de l'exposition
 - 1.3. Relations exposition-risque
 - 1.4. Caractérisation du risque
2. Interprétation des résultats

V - CONCLUSION

1. Un impact collectif non négligeable
2. Un impact dû aux niveaux habituels plutôt qu'aux pics de pollution
3. Des connaissances encore lacunaires

VI - RECOMMANDATIONS

1. Réduire l'exposition de la population atmosphérique chronique
2. Améliorer les connaissances
3. Diffuser les connaissances auprès des décideurs du public et des relais d'opinion

VII - ANNEXES

Annexe 1 - Zone d'étude

Annexe 2 - Distribution des immissions polluantes urbaines

Ont participé à cette étude :

- Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales : A. KERJAN
Y. GUILLOIS-BECEL,
- Air Pays de la Loire : A. REBOURS, L. LAVRILLEUX
- Centre Hospitalier du MANS : O.THOMAS
- Clinique de Pontlieue LE MANS : D. GROSLIERE
- Clinique des Sources LE MANS : C. DERICBOURG – A. PASQUIER

« Air Pays de la Loire » et la D.R.I.R.E des Pays de la Loire ont fourni des résultats de mesure de la qualité de l'air et ont apporté des informations pour les replacer dans leur contexte d'acquisition. En revanche, ils ne sauraient être engagés par les conclusions d'ordre épidémiologique ou sanitaire, sur lesquelles ils ne sont ni compétents, ni légitimes ».

Ce travail mené sur l'agglomération mancelle permet :

- ✓ de répondre à l'obligation d'évaluer les effets sanitaires de la pollution atmosphérique (article 3 de la loi sur l'air), notamment dans le cadre du Plan Régional pour la Qualité de l'Air.

- ✓ d'informer la population sur l'impact, au niveau local, de la pollution de l'air sur la santé.

Cette étude a ainsi pour objet de calculer l'impact à court terme sur la santé selon divers scénarii de pollution (passage d'un niveau moyen d'exposition à un niveau plus important ou moindre), en utilisant comme indicateurs :

- ✓ la mortalité toutes causes,

- ✓ les admissions hospitalières pour causes respiratoires et causes cardio-vasculaires.

L'étude porte sur l'agglomération mancelle qui dispose depuis plusieurs années de mesures de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique grâce à un réseau de surveillance de la qualité de l'air géré par l'association Air Pays de la Loire, association loi 1901 fondée en 1980.

Ce document présente la démarche d'évaluation d'impact sanitaire (E.I.S.) mise en œuvre sur l'agglomération mancelle conformément aux préconisations du guide méthodologique élaboré par l'Institut de Veille Sanitaire.

I - DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Situé à la confluence de l'Huisne et de la Sarthe, l'espace manceau constitue la principale agglomération du département de la Sarthe.

L'ensemble des communes de l'agglomération n'est pas retenu pour l'E.I.S car toutes ne remplissent pas les critères de sélection nécessaires à sa réalisation :

✓ les communes doivent être continues en terme d'urbanisation et de densité comparable, afin de respecter au mieux la condition de l'homogénéité de la pollution sur la zone (construction d'un seul indicateur d'exposition pour toute la zone),

✓ seules des communes entières sont retenues (pas de quartiers) car les données sanitaires sont accessibles uniquement par commune,

✓ la situation et les débits d'émissions des sources, doivent être assez homogènes sur la zone,

✓ la population de la zone doit être exposée la majeure partie de son temps à l'indicateur d'exposition calculé et doit donc résider majoritairement dans la zone d'étude,

✓ les mesures de pollution effectuées sur la zone d'étude doivent être « suffisantes » (nombre de capteurs bien placés, qualité des mesures, disponibilité des données) pour estimer l'exposition de la population.

Ainsi, sur l'agglomération mancelle, la zone délimitée remplissant les critères de sélection, comprend 2 communes : LE MANS et COULAINES.

Les paramètres intervenant dans l'E.I.S. et ceux justifiant la sélection des 2 communes sont décrits ci-après.

1. Population

La zone d'étude Le Mans - Coulainnes regroupe une population de 153 649 habitants, en 1999. (Population sans double compte issue du recensement I.N.S.E.E. 1999). Cette population séjourne très majoritairement dans la zone d'étude : 2,2 % de la population active avaient en 1990, un lieu de travail extérieur à la zone Le Mans - Coulainnes (recensement I.N.S.E.E. 1990).

2. Sources de pollution

Tableau 1

Quantité de pollution émise sur l'unité urbaine mancelle et origine en 1994 (source CITEPA)

| Polluants | NO _x | SO ₂ |
|--|-----------------|-----------------|
| Emissions (tonnes) | 2 421 | 1 507 |
| Origines principales en % de l'émission totale | | |
| - Transports routiers | 56,2 % | 18,3 % |
| - Résidentiel et tertiaire | 10,8 % | 21,5 % |
| - Industrie et traitement des déchets | 29,0 % | 47,0 % |

Sur LE MANS, les principales sources de pollution sont constituées par les émissions du trafic automobile et du secteur de l'industrie et traitement des déchets.

3. Météorologie et topographie

L'agglomération est sous influence de climat océanique et ne présente pas d'obstacle topographique à la dispersion des polluants. Les vents dominants sont orientés sud-ouest et nord-est.

4. Surveillance de la qualité de l'air

La surveillance de l'air sur l'agglomération mancelle est assurée par Air Pays de la Loire, association loi 1901 fondée en 1980. La configuration du réseau de surveillance -réseau de surveillance utilisé dans l'E.I.S- est présentée dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2
Réseau Air Pays de la Loire (Source Air Pays de la Loire)

| Classe de la Station | Station | Densité de population (hab/km ²) | Environnement immédiat de la station | Sources de pollution | Hauteur de prélèvement (m) | Polluants mesurés |
|----------------------|-------------|--|---|------------------------|----------------------------|---|
| Urbaine | Victor Hugo | 7 374 | Jardin de la Préfecture | Pollution urbaine | 3 | NO - NO ₂ O ₃ - SO ₂ |
| | Bel Air | 5 520 | Centre de Formation pour adultes – quartier résidentiel | Pollution Urbaine | 3 | NO - NO ₂ O ₃ - SO ₂ - PM10 |
| | Pied Sec * | 4 700 | Usine GIAT | Pollution urbaine | 5 | NO - NO ₂ SO ₂ |
| Proximité automobile | De Gaulle | 7 350 | Boulevard | Circulation automobile | 8 | NO - NO ₂ SO ₂ - CO |

* Depuis mars 1999, l'activité industrielle du G.I.A.T a cessé. La station Pied Sec était avant cette date soumise à des influences industrielles.

Tableau 3
Réseau Air Pays de la Loire (source : Air Pays de la Loire)

| Polluant | Stations de mesure (stations urbaines – stations de proximité) | Méthode de mesure |
|----------------------|---|--|
| NO – NO ₂ | - Victor Hugo - Bel Air - De Gaulle - Pied Sec | Chiminulescence (mesures ¼ horaires) |
| O ₃ | - Victor Hugo - Bel Air | Absorption UV (mesures ¼ horaires) |
| SO ₂ | - Victor Hugo - Bel Air - De Gaulle - Pied Sec | Fluorescence UV (mesures ¼ horaires) |
| PM 10 | - Bel Air | Microbalance avec élément oscillant gravimétrie (mesures ¼ horaires) |
| CO | - De Gaulle | Absorption - Infra Rouge (mesures ¼ horaires) |

Les niveaux moyens, mesurés, sur l'année tropique 1998 - 1999 à Victor Hugo (station urbaine) sont comparés aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) dans le tableau suivant :

**Tableau 4 -
Niveaux de pollution sur l'agglomération mancelle
(source : Air Pays de la Loire)**

| Polluants | Niveaux moyens à Victor Hugo Année tropique 98-99 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Valeurs guides O.M.S. 1996 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-----------------|---|---|
| NO ₂ | 26,1 | 40 (moy 24 h annuelle) |
| O ₃ | 42,1 (171,6 : moy 8 h maximale) | - (110 : moy 8 h sur une journée) |
| SO ₂ | 4,6 | 50 (moy. 24 h annuelle) |

5. Synthèse des critères de sélection de la zone d'étude

A partir de la carte I.G.N. au 1/25 000ème, la zone d'étude (LE MANS - COULAINES) a été délimitée, dans un premier temps, en fonction du critère de continuité urbaine entre les communes et de la comparaison des densités d'urbanisation.

ALLONNES, deuxième commune en population de l'agglomération n'a pu être retenue car une partie de la commune est séparée du reste de la zone d'étude par une zone verte à proximité immédiate de la Sarthe et par la Zone Industrielle Sud. L'ensemble de la population de cette commune n'est donc pas exposée aux mêmes niveaux que ceux du reste de la zone d'étude.

Sur cette zone, les autres critères ont été vérifiés :

- la population demeure majoritairement dans la zone
- la population peut à priori être considérée comme homogène
- l'exposition de la population peut être estimée puisque 2 capteurs urbains de fond du réseau de surveillance de la qualité de l'air sont localisés sur la zone.

II - MATERIEL et METHODE

L'E.I.S. permet de donner un **ordre de grandeur** de l'impact sanitaire et comporte 4 étapes : l'identification des dangers, l'estimation de l'exposition, le choix de la relation exposition-risque et la caractérisation du risque.

1. Identification des dangers

Il s'agit de déterminer les dangers liés à un polluant en s'appuyant sur les résultats de l'observation médicale, des études épidémiologiques et toxicologiques. Le guide méthodologique de l'Institut de Veille Sanitaire propose de retenir les effets (à court terme) mis en évidence dans des études épidémiologiques en population générale à des niveaux d'exposition comparables et pour lesquels une quantification était possible : la mortalité toutes causes (sauf accidentelles) anticipée et les admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires.

2. Estimation de l'exposition

2.1. Principe

Cette étape a pour objet la quantification de l'exposition (à quelles concentrations, pendant combien de temps...), à laquelle est soumise la population (qui, combien de personnes...), à partir des mesures des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Le principe est de construire un indicateur d'exposition de la population à la pollution atmosphérique pour chaque polluant lorsque la connaissance des immissions est suffisante et que ce polluant (en tant qu'indicateur) peut être relié à un effet sanitaire. Le guide méthodologique de l'Institut de Veille Sanitaire propose de retenir seulement SO₂, FN, NO₂ et O₃ comme des indicateurs de la pollution atmosphérique reliés à des effets sanitaires déterminés.

L'objectif est donc de construire, pour chaque polluant, un indicateur journalier qui se rapproche le plus possible de la moyenne des expositions individuelles journalières.

Ainsi, pour chaque station représentative de l'exposition de la population générale et pour tous les paramètres indicateurs de pollution disponibles ont été établies des moyennes journalières sauf pour l'ozone. En effet, afin de prendre en considération le comportement particulier de ce polluant, pour chaque station sélectionnée a été déterminé le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures des concentrations en ozone.

Ces calculs réalisés pour chaque paramètre indicateur de pollution atmosphérique (SO₂, FN, NO₂ et O₃) permettent d'attribuer à chacune des stations sélectionnées des niveaux journaliers d'exposition.

L'indicateur journalier d'exposition de la population est, pour un paramètre indicateur de pollution atmosphérique donné, la moyenne arithmétique des niveaux journaliers d'exposition attribués aux stations sélectionnées.

L'indicateur d'exposition aura une valeur manquante un jour donné si tous les capteurs ont une valeur manquante ce jour-là.

2.2. Choix des polluants

Sur l'agglomération mancelle, le réseau de mesures Air Pays de la Loire permet de suivre les concentrations de certains polluants retenus comme des indicateurs de pollution atmosphérique par l'Institut de Veille Sanitaire.

Les concentrations mesurées en ozone, SO₂, NO₂ sont donc susceptibles d'être utilisées pour l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

2.3. Période d'étude

La période d'étude a été définie en fonction de la disponibilité des données, c'est-à-dire en fonction de la date de l'installation des capteurs et l'existence de valeurs manquantes, et de l'informatisation du recueil des données. Celle-ci a été définie du 1^{er} octobre 1998 au 30 septembre 1999 et comprend deux saisons tropiques :

- hiver tropique : 1^{er} octobre 1998 au 31 mars 1999
- été tropique : 1^{er} avril 1999 au 30 septembre 1999

2.4. Sélection des stations

On cherche à décrire l'exposition moyenne d'une population. De ce fait, on privilégie les stations qui sont représentatives des immissions ambiantes et non celles qui caractérisent des situations particulières, influencées directement par une source de pollution proche. Les critères retenus pour la sélection des stations sont les suivants :

* Nature de la station : seront retenues, à priori, les stations urbaines

* Comparaison des niveaux moyens : seront retenues, à priori, les stations qui mesurent des niveaux moyens proches. Les coefficients de corrélation inter-stations devront au minimum être supérieurs à 0,6. Une bonne corrélation signifie que les concentrations mesurées par les stations évoluent de la même façon au cours du temps.

3. Choix de la relation exposition-risque

Il s'agit de caractériser les liens entre l'exposition et la probabilité de survenue du danger à cette exposition, en recourant aux résultats des études épidémiologiques déjà réalisées. Les estimateurs de risque utilisés sont ceux préconisés par l'Institut de Veille Sanitaire.

Les relations exposition-risque sélectionnées par l'Institut de Veille Sanitaire concernent trois indicateurs de santé : la mortalité totale (hors cause accidentelle), les admissions hospitalières pour motif respiratoire, les admissions hospitalières pour motif cardio-vasculaire.

Pour chacun de ces indicateurs de santé, l'Institut de Veille Sanitaire propose des risques relatifs liés à une augmentation de 50 µg/m³ des niveaux des indicateurs de pollution.

Tableau 5

**Risques relatifs (R.R.) de mortalité journalière totale
pour une augmentation de 50 µg/m³ des niveaux d'indicateurs de pollution**

| Indicateurs de pollution | Risques relatifs (R.R.) | I.C. 95 % |
|--|-------------------------|---------------|
| Fumées noires (F.N.) Moy. 24 heures | 1,029 | 1,013 - 1,044 |
| SO ₂ moy. 24 heures | 1,036 | 1,021 - 1,052 |
| NO ₂ moy. 24 heures | 1,038 | 1,020 - 1,055 |
| O ₃ moy. 8 heures | 1,027 | 1,013 - 1,041 |

Tableau 6

**Risques relatifs (R.R.) d'admissions hospitalières pour affections respiratoires pour
une augmentation de 50 µg/m³
des niveaux d'indicateurs de pollution**

| Indicateurs de pollution | Saison tropique | 15 – 64 ans | | + 65 ans | |
|---------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| | | R.R. | I.C. 95 % | R.R. | I.C. 95 % |
| F.N. moy. 24 h | Eté | 0,99 | 0,9 - 1,09 | 1,07 | 1,00 - 1,15 |
| | Hiver | 1,04 | 1,02 - 1,07 | 1,00 | 0,95 - 1,04 |
| SO ₂ moy. 24 h | Eté | 1,01 | 0,98 - 1,04 | 1,06 | 1,01 - 1,11 |
| | Hiver | 1,01 | 0,97 - 1,07 | 1,02 | 0,99 - 1,04 |
| NO ₂ moy. 24 h | Eté | 1,00 | 0,96 - 1,04 | 1,02 | 0,99 - 1,06 |
| | Hiver | 1,01 | 0,98 - 1,04 | 1,00 | 0,98 - 1,03 |
| O ₃ moy. 8 h | Eté | 1,02 | 0,99 - 1,05 | 1,04 | 1,02 - 1,07 |
| | Hiver | 1,03 | 0,98 - 1,08 | 1,02 | 0,99 - 1,05 |

Tableau 7
Risques relatifs (R.R.) d'admissions hospitalières pour affections cardio-vasculaires
pour une augmentation de 50 µg/m³
des niveaux d'indicateurs de pollution

| Indicateurs de pollution | Risques relatifs | I.C. 95 % |
|-----------------------------------|------------------|---------------|
| F.N. moy. 24 h – Hiver | 1,065 | 1,027 - 1,104 |
| F.N. moy. 24 h – Eté | 1,102 | 1,042 - 1,164 |
| SO ₂ moy. 24 h – Hiver | 1,063 | 1,027 - 1,101 |
| NO ₂ moy. 24 h - Hiver | 1,050 | 1,029 - 1,072 |
| NO ₂ moy. 24 h - Eté | 1,058 | 1,033 - 1,083 |

Un exemple de lecture du tableau 7 peut faciliter la compréhension des données figurant dans les tableaux 5, 6 et 7.

Lorsqu'en hiver, les concentrations en fumées noires (F.N.) évoluent d'un niveau C à un niveau C + 50 µg/m³, la probabilité de survenue d'une hospitalisation pour affection cardiovasculaire devient alors égale à 1,065 fois la probabilité de survenue du même événement lorsque les concentrations en F.N. étaient au niveau C.

4. Caractérisation du risque

4.1. Principe

C'est l'étape de synthèse qui permet d'associer les données d'exposition à la relation exposition-risque. Par calcul, elle permet de quantifier l'impact sanitaire, en nombre de cas attendus pour une exposition à un polluant et un indicateur sanitaire donnés, sur une période établie.

En pratique, la proportion de cas attribuables à un niveau de pollution donné se calcule de la manière suivante :

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

où

* PA est la proportion de cas attribuables à l'indicateur de pollution au cours de la période considérée

* RR est le Risque Relatif (fourni par la relation exposition-risque)

* f est la prévalence d'exposition (proportion de la population exposée au niveau considéré).

La formule mathématique peut paraître hermétique. Elle est, cependant facilement démontrable à partir des définitions mathématiques des notions de risque et risque relatif.

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

$$\textcircled{2} \text{ NA} = ((\text{RR}-1)/\text{RR}) * \text{N}$$

où

* NA est le nombre de cas attribuables pour la période donnée

* N est le nombre moyen (pour la période considérée) d'évènements sanitaires (e.g. hospitalisations ou décès pour une cause donnée).

Dans les deux formules $\textcircled{1}$ et $\textcircled{2}$, la proportion ou le nombre d'évènements attribuables sont calculés en référence à un niveau de pollution atmosphérique nul auquel est associé un risque relatif (RR) égal à 1. Toutefois, le niveau de base de pollution atmosphérique à l'échelle urbaine n'est pas forcément nul (du fait notamment de la pollution inter-régionale). De plus, un niveau nul de pollution atmosphérique en milieu urbain ne constitue pas, en soi, un objectif raisonnable ou, pour le moins opérationnel.

La proportion ou le nombre d'évènements sanitaires attribuables est alors calculé pour un différentiel de pollution donné :

$$\textcircled{3} \text{ NA} = \frac{\text{RR}_j - 1}{\text{RR}_j} \times \text{N}$$

4.2. Calcul pratique

En pratique, le nombre d'évènements sanitaires attribuables à la pollution atmosphérique urbaine doit être calculé pour chacun des indicateurs d'exposition (Fumées noires, SO₂, NO₂ et O₃) et pour chaque journée de la période d'étude considérée.

Ainsi, pour un indicateur de pollution et pour un jour "j" donné, le nombre d'évènements attribuables à un différentiel de pollution est calculé par la formule :

$$\textcircled{4} \text{ n}_j = \frac{\text{RR}_{(E_j - E_r)} - 1}{\text{RR}_{(E_j - E_r)}} \times \text{N}_r$$

où :

. n_j est le nombre journalier d'évènements attribuables au différentiel d'exposition ($E_j - E_r$)

. $\text{RR}_{(E_j - E_r)}$ est le risque relatif associé à un différentiel ($E_j - E_r$) d'exposition donné

. E_r est l'indicateur d'exposition choisi comme référence

- . E_j est le niveau, pour le jour j , de l'indicateur d'exposition considéré.
- . N_r est le nombre d'évènements correspondant au niveau d'exposition choisi comme référence.

Cette modalité de calcul constitue une approximation simplifiée (recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé) de la formule 3. Une telle approximation est possible car le nombre d'évènements sanitaires attribuables à la pollution atmosphérique est faible par rapport au nombre total d'évènements sanitaires.

L'objectif du calcul étant de déterminer l'impact de la pollution atmosphérique, le niveau de base de pollution atmosphérique E_r est pris égal au percentile de l'indicateur journalier d'exposition à la pollution atmosphérique. N_r est approché par la formule :

$$\textcircled{5} N_r = \frac{N_m}{RR_{(E_m - E_r)}}$$

où :

- . N_m est le nombre moyen journalier d'évènements sanitaires sur la période d'étude
- . $RR_{(E_m - E_r)}$ est le risque relatif associé à un différentiel $(E_m - E_r)$ d'exposition
- . E_m est le niveau moyen de l'indicateur d'exposition à la pollution atmosphérique

4.3. Recueil des données de mortalité

Les effectifs de mortalité toute cause sauf accidentelles ont été obtenus auprès de l'Observatoire Régional de la Santé (O.R.S.) des Pays de la Loire. Les données de l'O.R.S. provenaient de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.).

L'O.R.S. a fourni des données de mortalité permettant d'approcher les effectifs de mortalité pour les saisons tropicales 1998-1999 à partir des données moyennes disponibles sur les périodes 1995-1997. La cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie Ouest a précédemment évalué l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les agglomérations de NANTES, CAEN et RENNES. Les travaux de la C.I.R.E. OUEST permettent de justifier l'approximation faite à partir des données de l'O.R.S. car le nombre annuel de décès demeure relativement constant.

4.4. Recueil des données d'admissions hospitalières

Les données d'admissions hospitalières ont été obtenues auprès du Département d'Information Médicale du Centre Hospitalier du MANS, de la Clinique de Pontlieue et de la Clinique des Sources. Ces trois établissements regroupent, sur la zone d'étude, les admissions dans les services de soins de court séjour pour des motifs respiratoires ou cardio-vasculaires.

Le système d'information des établissements de santé ne permet pas d'accéder au diagnostic d'admission. On l'approche par le diagnostic principal de la première unité médicale fréquentée - hors service d'urgences.

III - RESULTATS

1. Estimation de l'exposition

1.1. Population exposée

La zone d'étude regroupe une population de 153 649 habitants en 1999 :

Tableau 8 – Population de la zone d'étude

| Communes | Population (habitants) |
|-----------|------------------------|
| LE MANS | 146 105 |
| COULAINES | 7 544 |

Les informations concernant les déplacements domicile-travail montrent qu'en 1990, seulement 2,2 % de la population active avait un lieu de travail extérieur à la zone LE MANS-COULAINES (recensement I.N.S.E.E. 1990). Cette proportion est très faible et toute la population peut donc être considérée exposée toute la journée à la pollution atmosphérique de la zone concernée.

L'évaluation de l'impact sanitaire ne prend pas en considération les populations extérieures qui viennent travailler dans la zone d'étude et sont en partie exposées aux niveaux de pollution atmosphérique de l'agglomération mancelle.

1.2. Niveaux d'exposition

1.2.1. Sélection des stations

La sélection des stations nécessite d'examiner les résultats de toutes les stations de la zone d'étude sur la période du 1^{er} octobre 1998 au 30 septembre 1999 et pour les polluants présentant un intérêt dans le cadre de la démarche d'évaluation de l'impact sanitaire (Ozone, NO₂, SO₂). La distribution saisonnière des immissions de polluants sur la période d'étude, ainsi que les corrélations entre stations sont présentées en annexe 2.

L'Ozone (O₃)

Seules, les deux stations urbaines (Bel Air et Victor Hugo) mesurent l'ozone. Les niveaux d'exposition fournis par le capteur de Bel Air sont plus élevés. En effet, pour ce capteur, les valeurs moyennes et médianes sur l'ensemble de la période d'étude sont respectivement de 68,67 µg/m³ et 65,13 µg/m³ contre 58,72 µg/m³ et 53,56 µg/m³ pour le capteur de la rue Victor Hugo.

Les deux stations urbaines sont très bien corrélées entre elles ; le coefficient de corrélation est supérieur à 0,98.

Le dioxyde d'azote NO₂

Les quatre stations du réseau Air Pays de la Loire mesurent les teneurs en dioxyde d'azote.

Seules, les deux stations urbaines (Bel Air et Victor Hugo) présentent des distributions des niveaux d'exposition comparables même si les niveaux fournis par le capteur de Bel Air sont, cette fois-ci, plus faibles.

En effet, pour ce capteur, les valeurs moyennes et médianes sur l'ensemble de la période d'étude sont respectivement de 21,06 µg/m³ et 20,00 µg/m³ contre 26,10 µg/m³ et 24,00 µg/m³ pour le capteur de la rue Victor Hugo.

Les deux stations urbaines sont très bien corrélées entre elles ; le coefficient de corrélation est supérieur à 0,90.

La station de mesure Charles de Gaulle présente des coefficients de corrélation relativement bons avec les deux stations urbaines (0,75 et 0,77). Toutefois, les niveaux d'exposition présentés par cette station de proximité automobile sont significativement plus importants que les niveaux mesurés sur les sites des rues de Bel Air et Victor Hugo (stations urbaines).

Le dioxyde de soufre

Les quatre stations du réseau Air Pays de la Loire mesurent les teneurs en dioxyde de soufre.

Seules les stations Charles de Gaulle et Victor Hugo présentent un coefficient de corrélation supérieur à 0,6. Toutefois, les niveaux d'exposition présentés par la station Charles de Gaulle (proximité automobile) sont significativement plus importants que les niveaux mesurés sur le site de la rue Victor Hugo (station urbaine).

Les niveaux très bas mesurés pour SO₂ expliquent le faible coefficient de corrélation (0,37) entre les deux stations urbaines.

Synthèse

Ont donc été retenues les stations Bel Air et Victor Hugo pour l'élaboration des indicateurs d'exposition aux deux seuls paramètres Ozone et Dioxyde d'azote.

1.2.2. Indicateurs d'exposition

Les indicateurs d'exposition journaliers ont été construits en effectuant la moyenne arithmétique des niveaux journaliers d'exposition fournis par les capteurs sélectionnés.

Les capteurs retenus sont bien corrélés et mesurent des niveaux relativement proches de pollution. Le taux de valeurs manquantes est faible (maximum de 0,02 %).

Dans ce cas, le remplacement des valeurs manquantes n'est pas nécessaire. Les valeurs mesurées et validées par Air Pays de la Loire ont donc été utilisées sans transformation préalable. Les statistiques descriptives de l'indicateur d'exposition et sa distribution par gamme de concentrations sont présentées dans les tableaux 9 et 10.

**Tableau 9 - Distribution des indicateurs d'exposition
(Données Air Pays de la Loire)**

| Indicateur d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ozone | | | NO ₂ | | |
|---|--------|--------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|
| | An | Été tropique | Hiver tropique | an | été tropique | Hiver tropique |
| Moyenne = | 62,50 | 82,01 | 44,81 | 23,38 | 18,06 | 28,73 |
| Ecart-type évalué = | 29,30 | 25,68 | 17,35 | 10,40 | 6,34 | 10,94 |
| Percentile 5 = | 18,63 | 46,59 | 16,91 | 10,00 | 8,50 | 12,53 |
| Percentile 25 = | 43,44 | 64,75 | 31,89 | 15,50 | 14,00 | 20,50 |
| Percentile 50 = | 57,81 | 77,69 | 45,88 | 21,50 | 17,00 | 27,25 |
| Percentile 75 = | 78,25 | 97,28 | 56,16 | 28,50 | 22,25 | 37,00 |
| Percentile 90 = | 102,90 | 118,54 | 67,87 | 38,80 | 25,40 | 43,95 |
| Percentile 95 = | 118,54 | 130,17 | 71,49 | 43,90 | 29,00 | 46,98 |
| Minimum = | 5,31 | 32,94 | 5,31 | 5,50 | 5,50 | 8,00 |
| Maximum = | 172,56 | 172,56 | 97,25 | 66,00 | 41,00 | 66,00 |
| Nbre valeurs manquantes = | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| % valeurs manquantes = | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

**Tableau 10 - Distribution des indicateurs d'exposition
(données Air Pays de la Loire)**

| Plage des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Nombre de jours contenus dans la plage des concentrations | | | | | |
|--|--|--------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------|
| | Ozone | | | NO ₂ | | |
| | an | été tropique | hiver tropique | An | été tropique | Hiver tropique |
|]0-10] | 4 | 0 | 4 | 21 | 16 | 5 |
|]10-20] | 17 | 0 | 10 | 143 | 104 | 39 |
|]20-30] | 23 | 0 | 26 | 120 | 56 | 64 |
|]30-40] | 36 | 5 | 30 | 48 | 6 | 42 |
|]40-50] | 52 | 8 | 42 | 30 | 1 | 29 |
|]50-60] | 58 | 21 | 39 | 2 | 0 | 2 |
|]60-70] | 47 | 31 | 17 | 1 | 0 | 1 |
|]70-80] | 44 | 36 | 10 | 0 | 0 | 0 |
|]80-90] | 24 | 23 | 2 | 0 | 0 | 0 |
|]90-100] | 19 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 |
|]100-110] | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|]110-120] | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|]120-130] | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|]130-140] | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| >140 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total (Nb de jours) | 365 | 183 | 182 | 365 | 183 | 182 |

2. Caractérisation du risque

Si les polluants étudiés peuvent, pour certains, avoir un effet direct sur la santé, ils sont avant tout, les témoins d'une exposition à un mélange atmosphérique complexe, inaccessible directement à la mesure. De ce fait, les impacts estimés par indicateur de pollution (les relations exposition-risque sont établies indicateur par indicateur) ne sont pas additifs dans la mesure où la population est exposée à un ensemble de polluants pour lesquels aucun indicateur n'est totalement spécifique. Les impacts estimés pour chacun des indicateurs ne peuvent donc être sommés. En l'état actuel des connaissances, l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique peut donc être estimé comme étant, au minimum égal au plus grand nombre d'évènements attribuables à l'un des indicateurs d'exposition étudiés.

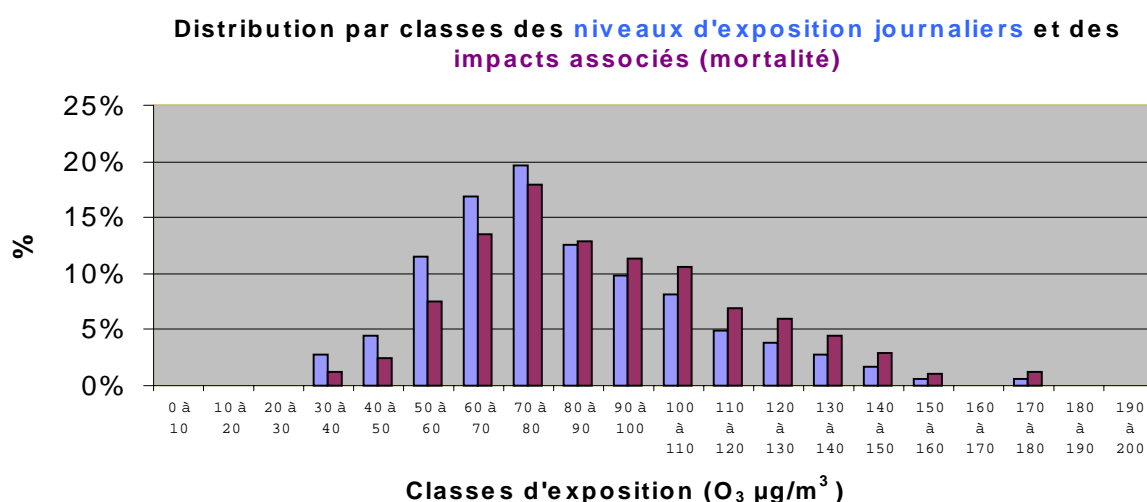
2.1. Impact sur la mortalité anticipée

La mortalité moyenne toutes causes sauf accidentelles - communes du MANS et de COULAINES est de 632 morts pour la période hivernale et 579 morts pour la période estivale. Ces données sont issues des valeurs moyennes fournies par l'INSERM sur la période 1995 - 1997. L'impact annuel de la pollution atmosphérique déterminée mathématiquement par rapport à une situation théorique sans pollution (arbitrairement niveaux de pollution égaux au percentile 5) est de 20,4 (9,9 - 31) décès anticipés. On retiendra un impact sanitaire de 20 (10 - 31) décès anticipés.

De même, selon les calculs, une diminution de 25 % de la moyenne annuelle des indicateurs d'exposition engendrerait un gain sanitaire de 10,14 décès anticipés soit 49,7 % des décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique. On retiendra un gain sanitaire de 10 décès anticipés.

Si les jours de forte pollution sont ceux pour lesquels l'impact sur la mortalité est le plus élevé, leur faible fréquence limite leur impact sur une longue période comme une saison ; ceci est illustré par l'indicateur ozone et la mortalité anticipée estivale (figure 1).

Figure 1



2.2. Impact sur la morbidité hospitalière

Le nombre d'admissions hospitalières enregistrées au cours de la période est reporté dans les tableaux suivants (hospitalisations de plus de 24 h pour les patients en provenance de la zone d'étude).

Tableau 11 - Nombre d'admissions hospitalières pour motif respiratoire (J00 à J99 CIM 10)
Centre Hospitalier du MANS, Clinique "Les Sources - clinique de Pontlieue

| | 15-64 ans | ≥ 65 ans |
|---|-----------|----------|
| Année tropique 1998 – 1999 | 245 | 505,5 |
| Eté tropique (avril à septembre 1999) | 110 | 189,5 |
| Hiver tropique (octobre 1998 à mars 1999) | 135 | 316 |

Tableau 12 - Nombre d'admissions hospitalières pour motifs cardio-vasculaires (I00 à I99 CIM 10)
Centre Hospitalier du MANS, Clinique "Les Sources - clinique de Pontlieue

| | |
|---|-------|
| Année tropique 1998 – 1999 | 1 702 |
| Eté tropique (avril à septembre 1999) | 773,5 |
| Hiver tropique (octobre 1998 à mars 1999) | 928,5 |

Les admissions hospitalières issues du P.M.S.I. (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information) sont fournies par code postal. Plusieurs communes ont un code postal identique à celui de COULAINES. Pour les données concernant la population de COULAINES, il a été nécessaire de pondérer les données issues du P.M.S.I. par le poids populationnel de COULAINES rapporté au total des communes ayant le même code postal. Cette démarche explique la présence de données décimales dans les tableaux 11 et 12.

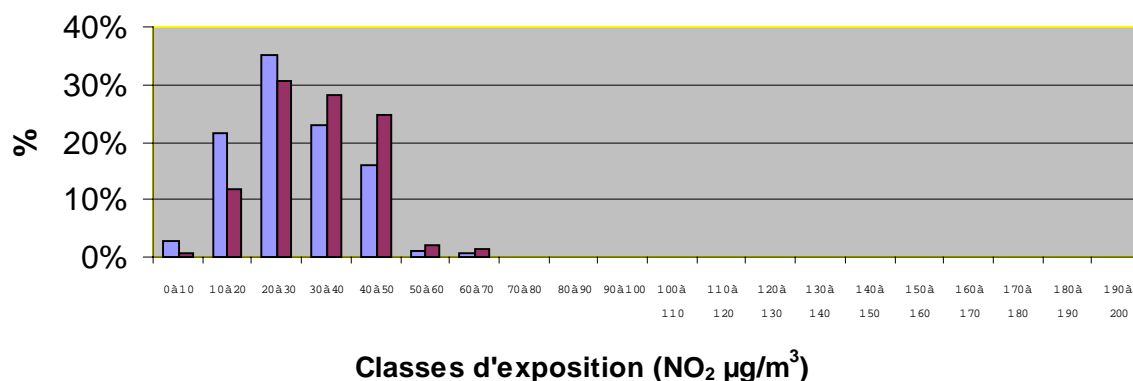
L'impact de la pollution atmosphérique déterminé mathématiquement par rapport à une situation sans pollution (niveaux de pollution égaux au percentile 5) est de 35,3 (11,7 - 60,1) admissions hospitalières. On retiendra un impact sanitaire de 35 (12 – 60)

Une diminution des niveaux quotidiens de pollution de 25 % en période hivernale, entraînerait sur cette même période un gain sanitaire représentant 45,6 % des hospitalisations pour motif cardio vasculaire engendrées par la pollution atmosphérique.

Une diminution des niveaux quotidiens de pollution de 25 % sur la totalité de la période étudiée, entraînerait alors un gain sanitaire représentant 47,9 % des hospitalisations de courte durée (affections respiratoires et cardio-vasculaires) engendrées par la pollution atmosphérique.

Figure 2

**Distribution par classes des niveaux d'exposition journaliers
et des impacts associés
(admissions hospitalières pour motif cardio-vasculaire)**



La contribution des pics de pollution à l'impact sur une saison est illustrée figure 2 par l'exemple de l'indicateur NO₂ et des admissions hospitalières pour motif cardio-vasculaire (saison hivernale). En période hivernale, les niveaux de pollution respectant l'objectif de qualité (40 µg/m³) sont responsables de 63,8 % de l'impact sanitaire.

IV - DISCUSSION

1. Les erreurs et incertitudes

1.1. Identification des dangers

Cette évaluation d'impact sanitaire a porté notamment sur la mortalité à court terme. Elle a permis de calculer un nombre de décès anticipés attribuables à un différentiel de pollution donné, au cours d'une année. Du fait de l'incertitude concernant l'importance de ce déplacement de mortalité, ce calcul ne doit pas être interprété, à proprement parler, comme un excès absolu de mortalité. Cette anticipation peut être interprétée comme étant, en l'absence d'exposition à la pollution atmosphérique ambiante, le délai avec lequel la population sensible à la pollution aurait évolué vers le décès. De ce point de vue, le nombre de décès qui a été calculé dans cette évaluation de l'impact sanitaire doit être interprété comme étant le nombre de personnes qui, au cours d'une année, ont vu leur espérance de vie diminuée d'une durée correspondant à cette anticipation. Actuellement, pour la mortalité cardio-vasculaire, elle est estimée par une étude égale au moins à 2 mois.

En ce qui concerne la morbidité, seuls ont été pris en compte les effets ayant nécessité une hospitalisation, alors que l'on peut penser que seule une modeste fraction de la population présentant des troubles respiratoires a recours au système hospitalier.

1.2. Estimation de l'exposition

L'exposition est estimée au niveau de la population et non au niveau individuel. On attribue à l'ensemble des personnes séjournant sur la zone d'étude un même niveau d'exposition alors que chaque individu est, au cours d'une même journée, exposé à des niveaux de pollution variables.

Autrement dit, faute de disposer de la connaissance des budgets espace-temps de la population (temps passé à tel endroit pour tant de personnes) ou des niveaux d'exposition réels à la pollution atmosphérique ambiante, l'estimation de l'exposition de la population repose sur l'hypothèse selon laquelle la moyenne journalière des valeurs enregistrées par les capteurs sélectionnés constitue une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles journalières de la population concernée.

Or, une partie de la population quitte la zone d'étude pour activité professionnelle ou pour raison personnelle ; cela conduit à surestimer l'impact puisqu'une partie de la population considérée exposée ne l'est pas. A contrario, la zone d'étude attirant une population pour les mêmes raisons, cela conduit cette fois à sous-estimer l'impact puisque cette population ne réside pas dans la zone d'étude (et donc non comptabilisée dans les données de mortalité et d'activité hospitalière) et est exposée.

Les immissions extérieures sont estimées par des stations de mesure dont on "utilise" la moyenne des valeurs journalières pour caractériser le niveau moyen de pollution. Une implantation différente de capteurs aurait-elle pu conduire à des valeurs différentes des indicateurs d'exposition ?

Une approche de la représentativité des stations a été entreprise à l'aide du calcul des coefficients de corrélation-interstations. Ces coefficients calculés entre les stations urbaines (Bel Air et Victor Hugo), sont très bons pour le polluant ozone et bon pour le dioxyde d'azote.

Enfin, la pollution est estimée à partir d'indicateurs de pollution qui, s'ils peuvent avoir une toxicité propre, sont avant tout des indicateurs d'un mélange chimique complexe.

1.3. Relations exposition-risque

On dispose dans le domaine de la pollution atmosphérique urbaine de relations fondées sur des observations chez l'homme pour de faibles niveaux d'exposition, ce qui ne nécessite pas d'extrapolation animal/homme ni hautes doses/basses doses.

Par contre, on utilise à un endroit donné des relations établies "ailleurs" sans pour autant être assuré de la validité de cette démarche, les indicateurs de pollution pouvant être les traceurs d'une pollution différente. Cela peut notamment être le cas si le parc automobile diffère (part du diesel plus importante). Cependant, l'utilisation préférentielle d'estimateurs de risques établis au niveau européen limite cet inconvénient, sauf pour la morbidité cardio-vasculaire pour laquelle il n'existe pas, pour l'instant, d'analyse combinée européenne. Les acquis récents et les résultats de l'étude de neuf zones urbaines françaises limitent également l'incertitude liée à l'extrapolation géographique des courbes doses-réponses. Ils ont en effet révélé la cohérence des relations polluants/effets de la pollution dans plusieurs villes d'Europe sur la mortalité et les admissions respiratoires et en France sur la mortalité (morbidité hospitalière non étudiée), quelles que soient les caractéristiques locales.

1.4. Caractérisation du risque

Le concept de risque attribuable suppose d'admettre que la relation "pollution atmosphérique/santé" est de nature causale. En effet, le calcul d'un risque attribuable (ou proportion de cas attribuable), à un facteur de risque doit être restreinte aux facteurs de risque pour lesquels il existe des arguments sérieux de causalité entre l'exposition et la maladie.

En outre, pour la pollution atmosphérique, risques attribuables et évitables ne sont pas stricto-sensu équivalents dans la mesure où les immissions dépendent des émissions mais également des conditions de dispersion des polluants. Cependant, une réduction des émissions d'une source donnée s'accompagnera d'une réduction des niveaux de polluants associés, du moins pour les polluants primaires.

Les impacts estimés par indicateur de pollution (les relations exposition-risque sont établies polluant par polluant), ne sont pas additifs dans la mesure où la population est exposée à un ensemble de polluants pour lesquels aucun indicateur n'est totalement spécifique.

De plus, les polluants peuvent interagir et l'effet d'un polluant (ou de la pollution dont il est le témoin) peut varier en fonction du niveau d'autres polluants.

La notion de risque attribuable doit donc s'entendre comme appliquée à une exposition à la pollution atmosphérique, facteur de risque supposé causal, approchée par des 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 par la mesure de la proportion de cas attribuable.

On retient également l'absence de seuil selon laquelle en raison de la variabilité interindividuelle il existe toujours au sein d'une population une fraction de sujets très sensibles et donc pas de niveau de pollution en deçà duquel un effet sanitaire ne serait observable.

L'erreur sur le dénombrement des effets sanitaires (mortalité, admissions hospitalières) est limitée par le recours à de grandes catégories de diagnostics (mortalité toutes causes sauf accidentelles, hospitalisations pour toutes causes respiratoires ou cardio-vasculaires). Par contre, la non prise en compte des admissions aux urgences tend à sous estimer l'impact sur la morbidité hospitalière.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut supposer que la principale source d'incertitude provient de l'estimation des expositions au moyen d'un réseau de mesure des immissions urbaines (cf. paragraphe 1.2).

2. Interprétation des résultats

Dans ces conditions, les résultats doivent être interprétés comme des ordres de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population.

Il s'agit d'une estimation réalisée sur la base des acquis scientifiques actuels et des données disponibles. Mais un résultat, même approximatif, obtenu par une mesure d'impact fondée sur les meilleures connaissances disponibles est plus reproductible et transparent qu'un jugement subjectif fondé sur des émotions ou des suppositions arbitraires.

Il est important de garder à l'esprit que le présent travail ne vise pas à démontrer que la pollution atmosphérique a un effet sur la santé mais de quantifier cet impact au niveau local. En effet, les effets de la pollution atmosphérique font l'objet d'une abondante littérature scientifique publiée au cours des dix dernières années qui a notamment conclu à l'existence d'un effet de la pollution, même aux faibles niveaux de pollution et l'inexistence apparente de seuil pour la manifestation de ces effets au niveau d'une population.

Les résultats de la présente évaluation de l'impact est une illustration de ces acquis scientifiques. Leur présentation peut contribuer à leur appropriation au niveau local.

V - CONCLUSIONS

1. Un impact collectif non négligeable

Sur une année, l'impact de la pollution atmosphérique a été estimé à 20 (10 - 31) décès anticipés et 35 (12 - 60) hospitalisations dont 12 pour motif respiratoire et 23 pour motif cardio-vasculaire pour une population de 153 000 habitants. Il s'agit là d'ordres de grandeur mais ces chiffres illustrent le fait que la pollution atmosphérique exerce des effets sur la santé d'une population, même pour des niveaux modérés, situés en deçà des normes. Ce résultat traduit le fait que même si les risques relatifs associés à la pollution atmosphérique sont modestes, la proportion importante de personnes exposées aboutit à un impact collectif non négligeable.

Ce constat mériterait d'être pris en compte lors de décisions publiques pouvant avoir un impact sur la qualité de l'air dans l'agglomération. En effet, même si le risque attribuable à la pollution ne signifie pas en pratique, stricto sensu, risque évitable, il est légitime de penser que la réduction des émissions liées à l'ensemble des sources s'accompagnera d'une réduction globale des risques sanitaires associés. Sous l'angle de la santé publique, une politique de réduction de risque ne peut donc être envisagée qu'à travers une approche globale, la pollution atmosphérique urbaine dans son ensemble constituant le facteur de risque à maîtriser.

On peut ainsi estimer qu'une réduction des niveaux de pollution de 25 % se serait accompagnée sur la période d'étude d'une réduction de 49,7 % de la mortalité anticipée et de 47,9 % des hospitalisations associées à la pollution atmosphérique.

2. Un impact dû aux niveaux habituels plutôt qu'aux pics de pollution

Les épisodes de pollution monopolisent souvent le débat sur la pollution atmosphérique avec « l'idée sous-jacente que si leurs conséquences étaient maîtrisées, la question de la pollution atmosphérique serait réglée. Or, il n'en est rien ». En effet, 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 les conséquences d'une dégradation de la qualité de l'air sur une année entière.

Ainsi, par exemple, en prenant comme indicateur de pollution le NO₂, on s'aperçoit que les niveaux inférieurs à 40 µg/m³ (recommandation O.M.S. 1996 pour la valeur moyenne annuelle) sont associés à 63,8 %, (soit la majeure partie) de l'impact sur les admissions hospitalières pour motif cardio-vasculaire en hiver.

En prenant comme indicateur de pollution, l'O₃, on s'aperçoit que les niveaux supérieurs (moyenne 8 h) à 110 µg/m³ (objectif de qualité) ne sont associés qu'à 17,6 % de l'impact sur la mortalité.

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

3. Des connaissances encore lacunaires

L'évaluation de l'impact sanitaire a permis de mesurer l'ampleur des progrès à accomplir pour estimer cet impact de façon plus précise et surtout plus complète.

Si certains aspects de recherche technologiques, méthodologiques ou scientifiques relèvent du niveau national ou supranational, d'autres relèvent du niveau local. C'est le cas pour les progrès à réaliser dans la connaissance des immissions urbaines en polluants dont il faut mieux connaître la distribution géographique.

Une autre limite importante pourrait être levée si l'on disposait d'indicateurs de santé recueillis en population générale, notamment la prévalence de l'asthme en fonction de sa sévérité. Cela permettrait de mesurer l'impact de la pollution atmosphérique sur l'incidence des crises d'asthme et de ne pas rester cantonné aux effets nécessitant une hospitalisation.

VI - RECOMMANDATIONS

1. Réduire l'exposition de la population à la pollution atmosphérique chronique

*** En améliorant la qualité de l'air**

Du fait d'un impact observable même pour de faibles niveaux d'exposition, toute amélioration de la qualité de l'air aura des répercussions positives sur la santé publique.

Du fait de l'impact marginal des dépassements de valeurs normatives, les actions les plus efficaces seront celles qui viseront à réduire les émissions à la source, de façon quotidienne. Il serait cependant illusoire de considérer que l'abaissement d'un polluant spécifique, qui n'est qu'un indicateur d'un état complexe de l'atmosphère, conduirait à un bénéfice sanitaire significatif.

*** En intégrant la pollution atmosphérique dans les politiques d'aménagement**

L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est, pour partie, la résultante de la concentration des activités humaines et donc de la population sur une même portion de territoire. Une répartition plus équilibrée de la population dans l'espace réduirait à la fois les niveaux de pollution (réduction des déplacements urbains), mais aussi le nombre de personnes exposées.

La promotion dans les politiques d'aménagement de moyens de transports alternatifs à la voiture individuelle participerait à réduire les émissions liées aux déplacements.

2. Améliorer les connaissances

Si l'on souhaite mesurer le bénéfice des actions visant à améliorer la situation, on aura intérêt en particulier à :

- * Mieux connaître la distribution géographique et temporelle des polluants, en particulier des pollutions particulières (particules fines) et photo-oxydantes.

- * Disposer d'indicateurs permettant de mieux connaître l'état de santé de la population, afin de pouvoir élargir le champ de l'évaluation de l'impact sanitaire.

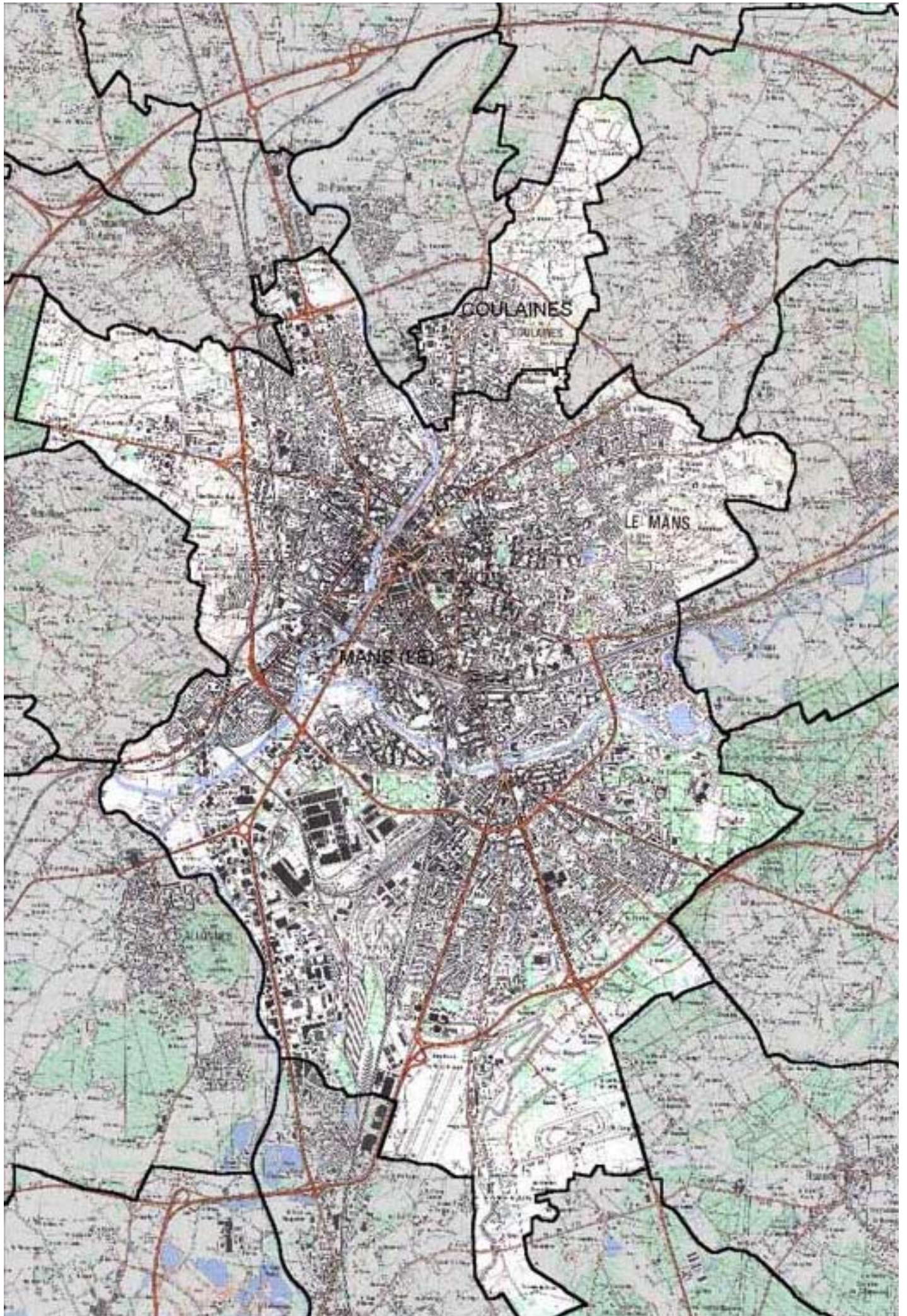
3. Diffuser les connaissances auprès des décideurs, du public et des relais d'opinion

Les débats –souvent médiatisés- sur les pics de pollution peuvent occulter le problème principal que constitue la pollution chronique (au sens « habituel »).

Une gestion rationnelle du risque implique une prise en compte par les décideurs locaux, le public et les relais d'opinion, que sont le corps médical et les journalistes, des mécanismes essentiels qui gouvernent l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique : absence d'effet seuil (effets en deçà des normes) grand nombre de personnes exposées et importance de la pollution chronique par rapport aux pics.

Annexe 1

Zone d'étude



Annexe 2

Distribution des immissions polluantes urbaines

Toutes les données sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sauf les valeurs manquantes (en %). Les données ont été obtenues auprès du réseau de surveillance de la qualité de l'air.

Résultats O₃ (01.10.1998 au 30.09.1999)

Tableau 1 - Distribution des niveaux journaliers d'exposition à l'O₃

| | Type de la station | Stations urbaines | |
|----------------|----------------------|-------------------|---------|
| | Lieu du capteur | BEL AIR | V. HUGO |
| Période totale | Moyenne | 68,67 | 58,72 |
| | Ecart-type évalué | 28,64 | 29,14 |
| | Percentile 5 | 25,60 | 18,13 |
| | Percentile 25 | 50,13 | 39,09 |
| | Médiane | 65,13 | 53,56 |
| | Percentile 75 | 83,63 | 73,28 |
| | Percentile 90 | 107,38 | 97,50 |
| | Percentile 95 | 124,95 | 115,84 |
| | Minimum | 6,88 | 3,75 |
| | Maximum | 173,50 | 171,63 |
| | % valeurs manquantes | 0,01 | 0,02 |
| Eté tropique | Moyenne | 86,93 | 77,07 |
| | Ecart-type évalué | 25,24 | 26,52 |
| | Percentile 5 | 52,43 | 40,50 |
| | Percentile 25 | 70,06 | 57,63 |
| | Médiane | 82,38 | 72,75 |
| | Percentile 75 | 102,31 | 92,00 |
| | Percentile 90 | 124,23 | 115,38 |
| | Percentile 95 | 133,48 | 125,38 |
| | Minimum | 36,38 | 27,13 |
| | Maximum | 173,50 | 171,63 |
| | % valeurs manquantes | 0,00 | 0,01 |
| Hiver tropique | Moyenne | 49,80 | 39,73 |
| | Ecart-type évalué | 17,57 | 17,07 |
| | Percentile 5 | 20,85 | 11,10 |
| | Percentile 25 | 37,38 | 27,88 |
| | Médiane | 52,00 | 40,75 |
| | Percentile 75 | 62,25 | 50,56 |
| | Percentile 90 | 71,73 | 60,80 |
| | Percentile 95 | 75,90 | 68,16 |
| | Minimum | 6,88 | 3,75 |
| | Maximum | 97,25 | 88,75 |
| | % valeurs manquantes | 0,03 | 0,04 |

Sur la période totale du 01.10.1998 au 30.09.1999, le coefficient de corrélation est de 0,98 entre les deux stations.

Résultats NO₂ (01.10.1998 au 30.09.1999)

Tableau 2 - Distribution par station des niveaux journaliers d'exposition à NO₂

| | Type de la station | Proximité industrielle | Stations urbaines | | Proximité automobile |
|----------------|----------------------|------------------------|-------------------|---------|----------------------|
| | Lieu du capteur | PIED-SEC | BEL AIR | V. HUGO | C. DE GAULLE |
| Période totale | Moyenne | 43,64 | 21,06 | 26,10 | 47,45 |
| | Ecart-type évalué | 26,49 | 9,63 | 11,48 | 13,89 |
| | Percentile 5 | 15,00 | 8,00 | 11,00 | 25,00 |
| | Percentile 25 | 26,00 | 14,00 | 17,00 | 37,00 |
| | Médiane | 35,00 | 20,00 | 24,00 | 49,00 |
| | Percentile 75 | 54,00 | 25,00 | 32,00 | 55,00 |
| | Percentile 90 | 86,80 | 35,00 | 42,00 | 63,60 |
| | Percentile 95 | 104,90 | 40,00 | 48,60 | 71,00 |
| | Minimum | 8,00 | 6,00 | 6,00 | 16,00 |
| | Maximum | 133,00 | 62,00 | 70,00 | 112,00 |
| | % Valeurs manquantes | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,02 |
| Eté tropique | Moyenne | 56,64 | 17,02 | 19,39 | 42,49 |
| | Ecart-type évalué | 30,20 | 6,29 | 6,74 | 12,64 |
| | Percentile 5 | 17,10 | 8,00 | 10,00 | 23,00 |
| | Percentile 25 | 31,50 | 12,00 | 15,00 | 33,00 |
| | Médiane | 48,00 | 16,00 | 19,00 | 42,00 |
| | Percentile 75 | 79,50 | 21,00 | 23,00 | 51,00 |
| | Percentile 90 | 104,80 | 24,00 | 28,00 | 57,00 |
| | Percentile 95 | 110,90 | 28,00 | 31,00 | 66,00 |
| | Minimum | 10,00 | 6,00 | 6,00 | 16,00 |
| | Maximum | 133,00 | 40,00 | 45,00 | 78,00 |
| | % valeurs manquantes | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,04 |
| Hiver tropique | Moyenne | 30,42 | 25,16 | 32,85 | 52,25 |
| | Ecart-type évalué | 11,97 | 10,66 | 11,32 | 13,39 |
| | Percentile 5 | 13,00 | 9,00 | 17,00 | 31,00 |
| | Percentile 25 | 22,00 | 16,25 | 24,25 | 44,25 |
| | Médiane | 30,00 | 23,00 | 31,00 | 52,00 |
| | Percentile 75 | 36,00 | 33,00 | 40,00 | 59,75 |
| | Percentile 90 | 44,10 | 40,00 | 48,80 | 68,00 |
| | Percentile 95 | 51,05 | 43,15 | 52,00 | 73,95 |
| | Minimum | 8,00 | 6,00 | 10,00 | 19,00 |
| | Maximum | 87,00 | 62,00 | 70,00 | 112,00 |
| | % valeurs manquantes | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |

Tableau 3 - Coefficients de corrélation entre stations

| Coefficients de corrélation | PIED-SEC | BEL AIR | C. DE GAULLE | V. HUGO |
|-----------------------------|----------|---------|--------------|---------|
| PIED-SEC | 1 | 0,19 | 0,24 | 0,03 |
| BEL AIR | 0,19 | 1 | 0,75 | 0,91 |
| C. DE GAULLE | 0,24 | 0,75 | 1 | 0,77 |
| V. HUGO | 0,03 | 0,91 | 0,77 | 1 |

Résultats SO₂ - (01.10.1998 au 30.09.1999)

Tableau 4 - Distribution par station des niveaux journaliers d'exposition à SO₂

| | Type de la station | Proximité industrielle | Stations urbaines | | Proximité automobile |
|----------------|----------------------|------------------------|-------------------|---------|----------------------|
| | Lieu du capteur | PIED-SEC | BEL AIR | V. HUGO | C. DE GAULLE |
| Période totale | Moyenne | 5,25 | 2,63 | 4,64 | 7,69 |
| | Ecart-type évalué | 8,68 | 3,84 | 6,62 | 6,35 |
| | Percentile 5 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| | Percentile 25 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 3,00 |
| | Médiane | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 6,00 |
| | Percentile 75 | 5,00 | 3,00 | 6,00 | 10,00 |
| | Percentile 90 | 13,40 | 7,80 | 13,00 | 15,80 |
| | Percentile 95 | 25,10 | 12,00 | 18,80 | 19,90 |
| | Minimum | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Maximum | 67,00 | 23,00 | 42,00 | 40,00 |
| | % valeurs manquantes | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Eté tropique | Moyenne | 2,07 | 0,93 | 1,38 | 4,89 |
| | Ecart-type évalué | 2,97 | 1,64 | 2,03 | 3,30 |
| | Percentile 5 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Percentile 25 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| | Médiane | 1,00 | 0,00 | 1,00 | 4,00 |
| | Percentile 75 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 7,00 |
| | Percentile 90 | 4,00 | 2,00 | 4,00 | 9,00 |
| | Percentile 95 | 5,00 | 3,00 | 5,00 | 11,90 |
| | Minimum | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Maximum | 26,00 | 14,00 | 13,00 | 16,00 |
| | % valeurs manquantes | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Hiver tropique | Moyenne | 8,65 | 4,35 | 7,92 | 10,54 |
| | Ecart-type évalué | 11,14 | 4,60 | 7,90 | 7,37 |
| | Percentile 5 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| | Percentile 25 | 2,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 |
| | Médiane | 4,00 | 3,00 | 5,00 | 9,00 |
| | Percentile 75 | 11,00 | 6,00 | 11,00 | 14,00 |
| | Percentile 90 | 23,80 | 12,00 | 18,90 | 20,00 |
| | Percentile 95 | 31,65 | 13,00 | 25,90 | 24,05 |
| | Minimum | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Maximum | 67,00 | 23,00 | 42,00 | 40,00 |
| | | Nb valeurs manquantes | 14,00 | 2,00 | 0,00 |
| | % valeurs manquantes | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |

Tableau 5 - Coefficients de corrélation entre stations

| coefficients de corrélation | PIED-SEC | BEL AIR | C. DE GAULLE | V. HUGO |
|-----------------------------|----------|---------|--------------|---------|
| PIED-SEC | 1 | 0,35 | 0,01 | 0,10 |
| BEL AIR | 0,35 | 1 | 0,22 | 0,37 |
| C. DE GAULLE | 0,05 | 0,22 | 1 | 0,69 |
| V. HUGO | 0,10 | 0,37 | 0,69 | 1 |

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ Réseau National de Santé Publique. Evaluation de l'impact sanitaire (E.I.S.) de la pollution atmosphérique : une démarche d'analyse de risque à l'échelle locale pour les Plans Régionaux de la Qualité de l'Air. Réseau National de Santé Publique. Saint Maurice, juin 1998 – 16 pages.
- ✓ Institut de Veille Sanitaire. Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : guide méthodologique. Institut de Veille Sanitaire.
- ✓ Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. Recensement général de la population. I.N.S.E.E. Paris 1990 – 1999.
- ✓ Fontelle J.P., Chang J.P., Audoux N., Levy C., Rivière E. Inventaires d'émissions dans l'atmosphère dans le cadre des plans régionaux pour la qualité de l'air. Région Bretagne. CITEPA octobre 1997.
- ✓ Institut de Veille Sanitaire. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Institut de Veille Sanitaire. St Maurice, mars 1999 ; 148 pages.
- ✓ Schwartz J. Harvesting and long term exposure effects in relationship between air pollution and mortality. American Journal of Epidemiology. 1999 ; in press.
- ✓ Zmirou D. et al Evaluation du risque lié à la qualité de l'air dans la région Rhône-Alpes. Institut Universitaire d'Hygiène et de Santé Publique de Grenoble. A paraître.
- ✓ Quénel P. et al. Synthèse des résultats de l'étude APHEA. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 1998 ;2.
- ✓ Coste J., Spira A. La proportion de cas attribuables en Santé Publique : définition (s), estimation (s), et interprétation. Revue Epidémiologique et Santé Publique. 1991 ; 39 : 399-411.
- ✓ Bouyer J., Hémon D. et al Epidémiologie : principes et méthodes quantitatives Editions INSERM PARIS 1995 : 496 pages .
- ✓ Quénel P. et al. Impact de la pollution atmosphérique urbaine de type acido-particulaire sur la mortalité quotidienne à LYON et dans l'agglomération parisienne Santé Publique 1995 ; 4 : 363-376.
- ✓ Krzyzanowski M. Methods for assessing the extent of exposure and effects of air pollution. Occupational Environmental Medicine 1997 ; 54 : 145 – 151.
- ✓ Goldstein BD. The need to restore the public health base for environmental control. American journal of Public Health 1995 ; 85 : 481-3.
- ✓ Schwartz J. Air pollution and daily mortality : a review and meta analysis. Environmental Research 1994 ; 64 : 36-52.
- ✓ Dab W. et al. Les effets sanitaires des pics de pollution hivernaux. Extrapol 12.Revue Pollution atmosphérique 1998 ; 156 : I-III.

✓ Gloennec P., Nourry L. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération caennaise – Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie Ouest – Institut de Veille Sanitaire – Avril 1999.

✓ Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération rennais – Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie Ouest – Institut de Veille Sanitaire –

✓ Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération nantaise – Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie Ouest – Institut de Veille Sanitaire – Août 1999.