

Santé environnement

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine

Unité urbaine d'Angers

Impact à court et à long termes

Sommaire

Abréviations	2
Glossaire	3
1. Contexte et objectifs	4
2. Matériel et méthodes	5
2.1 Rappel des effets sanitaires de la pollution atmosphérique : identification des dangers	5
2.2 Choix de la zone d'étude	5
2.3 Choix de la période d'étude	5
2.4 Estimation de l'exposition	6
2.5 Indicateurs sanitaires	6
2.6 Choix des relations exposition-risque	7
2.7 Caractérisation du risque	8
3. Résultats	10
3.1 Caractérisation de la zone et de la période d'étude	10
3.2 Indicateurs de pollution	12
3.3 Indicateurs sanitaires	14
3.4 Nombre de cas attribuables à la pollution atmosphérique à court terme	15
3.5 Nombre de cas attribuables à la pollution atmosphérique à long terme	16
4. Discussion et recommandations	17
4.1 Synthèse des résultats de l'EIS	17
4.2 Limites et incertitudes de l'étude	18
4.3 Recommandations	18
Références bibliographiques	19
Index des tableaux et figures	20
Annexes	21

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine

Unité urbaine d'Angers

Impact à court et à long termes

Rédaction

Emmanuel Belchior, Programme de formation à l'épidémiologie de terrain, Institut de veille sanitaire, École des hautes études en santé publique et Cellule de l'InVS en région Pays de la Loire

Relecture

Nezha Leftah-Marie, InVS, Cire Pays de la Loire

Laurence Pascal, InVS, Cire Sud, Département santé environnement (DSE)

Ont participé à cette étude

Arnaud Rebours, Air Pays de la Loire

Emmanuelle Bastin, Yves Moebs, Direction régionale de l'équipement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire

Patrick Peigner, Pascal Grossier, Délégation territoriale du Maine-et-Loire de l'Agence régionale de santé des Pays de la Loire

Javier Nicolau, InVS, Service des systèmes d'information

Christophe Declercq, InVS, DSE

Gilbert Gayraud, Météo-France

Abréviations

APHEIS	Air Pollution and Health: a European Information System
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès
CHU	Centre hospitalier universitaire
CIM-10	Classification internationale des maladies, version 10
Cire	Cellule de l'Institut de veille sanitaire en région
EIS	Évaluation d'impact sanitaire
EIS-PA	Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique
E-R	Exposition-risque
IC	Intervalle de confiance
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS	Institut de veille sanitaire
NA	Nombre de cas attribuables
O₃	Ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
PA	Pollution atmosphérique
PM₁₀ et PM_{2,5}	Particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 et à 2,5 micromètres
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
PRQA	Plan régional pour la qualité de l'air
Psas	Programme de surveillance air et santé
RR	Risque relatif
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique : démarche qui consiste à quantifier par calcul l'impact sanitaire associé à une évolution des niveaux de pollution atmosphérique.

Exposition : contact entre la pollution atmosphérique urbaine et la population d'étude.

Gain sanitaire : nombre d'événements sanitaires indésirables potentiellement évitables par une réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique.

Impact sanitaire : nombre d'événements sanitaires indésirables attribuables à une exposition ou à un accroissement de l'exposition à la pollution atmosphérique urbaine.

Impact sanitaire à court terme : impact sanitaire qui se manifeste le jour même ou le lendemain de l'exposition.

Impact sanitaire à long terme : impact sanitaire qui se manifeste plusieurs années après la survenue de l'exposition et donc attribuable à une exposition chronique.

Indicateur d'exposition : variable dont la grandeur est fonction de l'intensité de l'exposition à la pollution atmosphérique.

Indicateur sanitaire : variable correspondant à un nombre d'événements sanitaires indésirables survenus dans la population. Par exemple, l'indicateur sanitaire "mortalité totale" fournit le nombre de décès toutes causes dans la population d'étude.

Intervalle de confiance : intervalle autour de l'estimation ponctuelle d'un paramètre construit au moyen de méthodes statistiques afin de contenir la "vraie" valeur du paramètre avec une probabilité de 0,95.

Morbidité : nombre de personnes souffrant d'une maladie au sein d'une population pendant une période déterminée. Dans cette étude, les indicateurs de morbidité sont les nombres d'admissions hospitalières pour causes respiratoire et cardio-vasculaire.

Mortalité : nombre de décès au sein d'une population pendant une période déterminée. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles).

Ozone : polluant secondaire résultant de la transformation photochimique de certains polluants primaires dans l'atmosphère sous l'effet des rayonnements ultra-violet qui peut provoquer une altération des voies respiratoires les plus fines et des irritations oculaires.

Particules PM_{10} et $PM_{2,5}$: polluants particulaires de tailles très variables (diamètre inférieur à $10 \mu m$ pour les PM_{10} et inférieur à $2,5 \mu m$ pour les $PM_{2,5}$) dont les plus fines peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Relation exposition-risque : fonction qui relie un indicateur sanitaire à un indicateur d'exposition.

Risque relatif : rapport du risque encouru par une population exposée à un niveau donné de pollution par rapport au risque de cette même population si elle était exposée différemment.

1. Contexte et objectifs

La pollution atmosphérique (PA) est un mélange complexe de composés émis par différentes sources de pollution (polluants primaires) et formés secondairement lors de réactions chimiques ayant eu lieu dans l'atmosphère (polluants secondaires).

Grâce aux études épidémiologiques réalisées au cours des dernières décennies, les liens entre l'exposition à court et à long termes à la PA et ses effets sur la santé sont désormais bien établis et quantifiés [1].

En France, la gestion de la qualité de l'air est régie par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 qui reconnaît l'existence d'un impact sanitaire de la pollution atmosphérique. Elle rend obligatoire la surveillance de la qualité de l'air, la définition d'objectifs de qualité et l'information du public.

Au niveau régional, elle prévoit la mise en place de Plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) qui fixent les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la PA. Ces orientations doivent s'appuyer sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé quantifiée par une démarche d'évaluation de l'impact sanitaire (EIS). Le PRQA des Pays de la Loire a été validé par un arrêté signé par le préfet de région le 24 décembre 2002. Le bilan régional de la qualité de l'air attirait l'attention sur les teneurs élevées en dioxyde d'azote sur certains sites proches du trafic automobile et sur les teneurs élevées en ozone (O₃) mesurées l'été entraînant des

dépassements du seuil d'information de la population. Il préconisait de réduire les émissions liées au trafic routier et d'améliorer l'information du public sur les risques sanitaires liés à la PA.

Dans ce contexte, la délégation territoriale du Maine-et-Loire de l'Agence régionale de santé des Pays de la Loire (ancienne Direction départementale des affaires sanitaires et sociales) a saisi la Cellule de l'Institut de veille sanitaire (InVS) en région (Cire) Pays de la Loire pour réaliser une EIS-PA dans l'agglomération d'Angers. Des EIS ont déjà été effectuées dans les autres grandes agglomérations de la région (Nantes et le Mans) [2,3].

Ce document présente les résultats de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EIS-PA) de l'unité urbaine d'Angers, conduite par la Cire selon la méthodologie formalisée par l'InVS [1].

Les objectifs de l'étude étaient les suivants :

- estimer l'impact sanitaire de la PA urbaine à court et à long termes sur la mortalité et les admissions hospitalières ;
- calculer le gain sanitaire attendu selon des scénarios de réduction du niveau des polluants atmosphériques afin de comparer différentes stratégies en termes de bénéfices sanitaires ;
- aider les choix des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air localement.

2. Matériel et méthodes

La démarche d'évaluation de l'impact sanitaire de la PA formalisée par l'InVS comprend quatre étapes :

- la détermination de la zone d'étude qui doit être homogène du point de vue de l'exposition de la population ;
- l'estimation de l'exposition de cette population à la PA à partir des données de qualité de l'air recueillies par Air Pays de la Loire, association agréée par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer pour la surveillance de la qualité de l'air et l'information dans la région ;
- le recueil de données sanitaires afin de construire les indicateurs de mortalité et de morbidité hospitalière ;
- le calcul du nombre d'évènements attribuables à la PA urbaine pour une variation donnée du niveau de pollution, à partir des relations exposition-risque choisies par l'InVS.

2.1 RAPPEL DES EFFETS SANITAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE : IDENTIFICATION DES DANGERS

L'impact de la PA sur la santé humaine est difficile à appréhender du fait que :

- la pollution de l'air est un mélange complexe composé d'un grand nombre de polluants qui peuvent réagir entre eux pour former des polluants secondaires ;
- l'exposition à la pollution de l'air est hétérogène dans le temps et dans l'espace et dépend notamment des lieux fréquentés par l'individu et de ses activités ;
- les risques individuels sont faibles mais à l'échelle de la population toute entière, les impacts ne sont pas négligeables car toute la population est exposée ;
- l'état de santé et les antécédents pathologiques, qui vont modifier la sensibilité vis-à-vis de la pollution atmosphérique, sont différents pour chaque individu ;
- les maladies susceptibles d'être liées à la pollution atmosphérique sont multifactorielles, c'est-à-dire que la pollution atmosphérique n'est qu'un des facteurs parmi d'autres qui contribuent à leur apparition.

Selon le Baromètre santé-environnement des Pays de la Loire, et bien qu'un grand nombre de polluants soient en constante diminution, neuf Ligériens sur 10 pensaient que la pollution atmosphérique s'aggravait, et 85 % qu'elle représentait un risque sanitaire important. Le tiers des habitants déclarait avoir déjà perçu ces effets sur leur propre santé ou sur celle de leur entourage [4].

Parmi les effets sanitaires de la pollution atmosphérique, on distingue :

- **les effets d'une exposition à court terme** : il s'agit de "manifestations" cliniques, fonctionnelles ou biologiques aiguës survenant dans des délais brefs (quelques jours, semaines) après l'exposition à la pollution atmosphérique [5,6] ;
- **les effets d'une exposition à long terme** : il s'agit de la responsabilité de l'exposition à la pollution atmosphérique dans le développement de processus pathogènes au long cours qui

peuvent conduire au final à un événement morbide ou même au décès [7].

Pour les effets à court terme, les études françaises ont montré un lien entre :

- les niveaux de pollution couramment observés et la mortalité toutes causes confondues non accidentelles [6,8] ;
- les niveaux d'O₃ et les admissions hospitalières pour causes respiratoires chez les personnes âgées de 65 ans et plus [9] ;
- les niveaux de particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) et les admissions hospitalières pour causes cardio-vasculaires chez les personnes âgées de 65 ans et plus [10].

Pour les effets à long terme, les études internationales ont montré un lien entre les niveaux de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et la mortalité toutes causes confondues non accidentelles [11,12].

Certaines populations sont plus sensibles que d'autres en termes d'effets sur la santé :

- les enfants dont les poumons ne sont pas complètement formés (la fin de la croissance de l'appareil pulmonaire se produit vers 10-12 ans) ;
- les personnes âgées, qui sont plus sensibles en raison du vieillissement des tissus respiratoires et de pathologies plus fréquemment associées, ainsi que d'une diminution des défenses respiratoires ;
- les personnes souffrant de pathologies chroniques (par exemple : maladies respiratoires chroniques ou maladies cardio-vasculaires), les diabétiques.

En raison de l'augmentation de la ventilation lors de l'activité physique, les personnes pratiquant une activité sportive seront soumises à une exposition plus importante.

2.2 CHOIX DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude choisie pour la réalisation de l'EIS-PA devait répondre aux critères suivants :

- géographiques : continuité urbaine, absence de relief particulier pouvant influencer la dispersion du polluant sur la zone étudiée ;
- de qualité de l'air : absence de sources fixes de pollution majeures pouvant impacter la qualité de l'air de certaines communes dans la zone, représentativité des stations de mesures afin de vérifier l'homogénéité de l'exposition de la population à la PA ;
- météorologiques : direction des vents pouvant influencer la dispersion du polluant sur la zone ;
- démographiques : taille de la population suffisante (>100 000 habitants), présence de la population active sur la zone (navettes domicile-travail, attractivité hospitalière).

2.3 CHOIX DE LA PÉRIODE D'ÉTUDE

Le choix de la période d'étude s'est fait en fonction de la disponibilité des données de pollution et des données sanitaires. La période devait

être de préférence commune aux deux séries de données. Elle ne devait pas comporter d'événements climatiques ou sanitaires exceptionnels (exemple : canicule de 2003) et devait être peu différente des années précédentes sur le plan météorologique.

2.4 ESTIMATION DE L'EXPOSITION

Cette deuxième étape de l'EIS-PA consistait à quantifier l'exposition de la population de la zone d'étude à la PA à partir de l'analyse des données de pollution collectées par Air Pays de la Loire.

2.4.1 Recueil des données de la qualité de l'air

Les indicateurs de pollution ayant un impact sanitaire et pour lesquels des valeurs de mesures étaient disponibles sur la période d'étude retenue étaient l'O₃ et les PM₁₀. Les mesures fixes de PM_{2,5} n'étaient pas disponibles sur la période d'étude, la surveillance des PM_{2,5} ayant été mise en place de manière permanente à la station des Beaux-arts à partir de janvier 2008. Les niveaux de polluants étaient exprimés en µg/m³. Cinq stations mesuraient ces polluants : trois urbaines et deux périurbaines (tableau 1).

TABLEAU 1

Caractéristiques des stations de mesure des polluants atmosphériques, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

Stations de mesure	Appentis	Monplaisir	Beaux-arts	Lac-de-Maine	Clos-des-Beauvais
Typologie	Urbain	Urbain	Urbain	Périurbain	Périurbain
Mise en service	15/12/2004	20/12/1999	16/12/1999	03/07/2001	27/02/2006

Source : Air Pays de la Loire.

2.4.2 Construction des indicateurs d'exposition

2.4.2.1 Indicateur d'exposition aux PM₁₀

L'indicateur d'exposition aux PM₁₀ était construit à partir de la moyenne arithmétique des valeurs journalières de PM₁₀ mesurées par les stations. Cette construction reposait sur l'hypothèse que cette moyenne constituait une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles de la population résidant sur la zone d'étude.

Depuis le 1^{er} janvier 2007, la méthode de surveillance des particules dans l'air a été modifiée afin de corriger une sous-estimation des résultats [13]. En effet, les analyseurs automatiques "Tapered Element Oscillating Microbalance" (TEOM) ne mesuraient pas la totalité des particules dans l'air ambiant, notamment la fraction volatile. La mise en place d'un ajustement des résultats de mesures a pu être validée techniquement et réglementairement en France à l'aide de la mise en place de modules spécifiques "Filter Dynamics Measurement System" qui ont permis de mesurer la totalité de la fraction volatile des poussières fines. Pour l'EIS à court terme, aucune correction des valeurs mesurées n'était nécessaire. Pour l'EIS long terme, les fonctions exposition-risque étant issues d'études épidémiologiques utilisant des méthodes gravimétriques, les mesures automatiques TEOM des PM₁₀ ont été corrigées par le facteur européen de correction de 1,3 pour 2005 et 2006.

2.4.2.2 Indicateur d'exposition aux PM_{2,5} estimé

Compte tenu de leur impact sanitaire à long terme, une estimation de la valeur des PM_{2,5} à partir de celle des PM₁₀ mesurées a été réalisée, en s'appuyant sur l'expertise d'Air Pays de la Loire. L'indicateur d'exposition aux PM_{2,5} était estimé au moyen d'un facteur correctif fourni par Air Pays de la Loire. Ainsi, le calcul d'impact sanitaire des PM_{2,5} de cette étude n'était qu'une **estimation de l'impact potentiel des PM_{2,5} à long terme**. Les valeurs mesurées du rapport

PM_{2,5}/PM₁₀ sur différentes stations des Pays de la Loire en 2008 et en 2009 ont montré que la médiane était proche de 0,7 à Angers (annexe 1). Ce rapport diminuait sur les stations littorales (phénomène s'expliquant par l'influence de l'océan Atlantique, source d'émissions de grosses particules (Blum) à l'origine de la diminution du rapport PM_{2,5}/PM₁₀). A Angers, le rapport journalier variait entre 0,5 et 0,8. **Afin d'avoir un facteur constant, Air Pays de la Loire a proposé la valeur locale de 0,7**, qui majorait l'estimation des PM_{2,5} mais demeurait cohérente avec les données du programme européen APHEIS [14].

2.4.2.3 Indicateur d'exposition à l'O₃

L'indicateur d'exposition à l'O₃ correspondait à la moyenne journalière des *maxima* des moyennes glissantes sur 8 heures construites à partir des valeurs horaires mesurées par les stations sélectionnées.

2.5 INDICATEURS SANITAIRES

2.5.1 Données de mortalité

Les données de mortalité ont été obtenues par l'intermédiaire de l'InVS auprès du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc) de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Les données ont été sélectionnées à partir de la cause principale de décès selon les codes de la Classification internationale des maladies, version 10 (CIM-10), de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Elles correspondaient au nombre de décès des personnes domiciliées dans la zone d'étude :

- mortalité toutes causes hors accidents et morts violentes (A00-R99), tous âges confondus ;
- mortalité toutes causes (A00-T98) des personnes âgées de plus de 30 ans ;
- mortalité cardio-respiratoire (I10-I70 et J00-J99) des personnes âgées de plus de 30 ans.

Les données ont été demandées par années et par saisons dites "tropiques" (été: 1^{er} avril-30 septembre et hiver: 1^{er} octobre-30 mars).

2.5.2 Données d'hospitalisation

Les données d'admissions hospitalières ont été extraites à partir du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) par l'intermédiaire de l'InVS. Dans un premier temps, seuls les établissements présents dans la zone d'étude ont été sélectionnés. La sélection des séjours hospitaliers pour les personnes âgées de 65 ans et plus a été effectuée selon le code CIM-10 du diagnostic principal :

- J00-J99, pour les admissions pour causes respiratoires ;
- I00-I99, pour les admissions pour causes cardio-vasculaires.

Les données ont été demandées par années et par saisons tropiques. Dans la requête, le lieu de résidence des patients était identifié par le code postal. Certaines communes de la zone d'étude avaient un code postal en commun avec d'autres communes situées soit à l'intérieur, soit en dehors de cette zone (annexe 8). De ce fait, les indicateurs fournis par le PMSI étaient pris en compte à hauteur du poids respectif de chaque commune (en nombre d'habitants) parmi les autres communes ayant le même code postal.

2.6 CHOIX DES RELATIONS EXPOSITION-RISQUE

Dans son guide méthodologique, l'InVS a retenu des relations expositions-risques issues d'études épidémiologiques réalisées en

population générale et s'intéressant directement aux liens existant entre la pollution de l'air et la santé de l'homme. Les études multicentriques et européennes ont été privilégiées [1].

2.6.1 Relations exposition-risque à court terme

L'impact sanitaire à court terme correspond aux effets d'une exposition à la pollution à très court terme puisqu'il s'intéresse aux répercussions sur la santé le jour même et le lendemain (exposition à 0-1 jour). Le tableau 2 indique les risques relatifs (RR) à court terme concernant la mortalité et les admissions hospitalières pour une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de pollution, c'est-à-dire le rapport du risque encouru par une population exposée à un niveau donné de pollution par rapport au risque de cette même population si elle était exposée à des niveaux de 10 µg/m³ plus bas. Ainsi, pour la mortalité toutes causes non accidentelles, le RR de 1,014 associé à une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de PM₁₀ correspond à une augmentation de 1,4 % du risque de décéder suite à une élévation du niveau de PM₁₀ de 10 µg/m³.

2.6.2 Relation exposition-risque long terme

Le tableau 3 présente les risques relatifs et leur intervalle de confiance à 95 % retenus pour l'effet long terme de l'exposition chronique aux PM sur la mortalité.

| TABLEAU 2 |

Risques relatifs de mortalité et morbidité hospitalière à court terme estimés pour une exposition à 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m³ du niveau de l'indicateur de pollution

Polluant	Indicateur	Risque relatif	IC 95%
O ₃	Mortalité toutes causes non accidentelles, été	1,009	1,004-1,014
	Admissions respiratoires, 65 ans et plus, été	1,010	1,004-1,018
PM ₁₀	Mortalité toutes causes non accidentelles, année	1,014	1,007-1,020
	Admissions cardio-vasculaires, 65 ans et plus, année	1,011	1,005-1,017

Sources : Programme de surveillance air et santé 2006 [5] et 2008 [6].

| TABLEAU 3 |

Risques relatifs de mortalité à long terme estimés pour une augmentation de 10 µg/m³ du niveau des PM₁₀ et des PM_{2,5}

Polluant	Indicateur	Risque relatif	IC 95%
PM ₁₀	Mortalité toutes causes hors accidents et morts violentes	1,043 ^a	1,026-1,061
PM _{2,5}	Mortalité toutes causes des personnes âgées de plus de 30 ans	1,04 ^b	1,01-1,08
	Mortalité cardio-respiratoire des personnes âgées de plus de 30 ans	1,06 ^b	1,02-1,10

Sources : ^a Étude tri-nationale [12], ^b Pope et al. [15].

2.7 CARACTÉRISATION DU RISQUE

Cette étape permet de quantifier l'impact sanitaire en calculant un nombre d'événements attribuables à un indicateur d'exposition donné pour un indicateur sanitaire donné sur la période d'étude choisie. Elle consiste à appliquer les relations exposition-risque préconisées par l'InVS aux données locales de pollution, de mortalité et de morbidité collectées pour cette étude.

Dans la démarche d'évaluation de risque, le nombre d'événements sanitaires attribuables à une exposition donnée est calculé à partir du RR associé à l'exposition et du nombre moyen d'événements sanitaires survenus au cours de la période considérée selon la formule suivante :

• $PA=f(RR-1)/(1+f(RR-1))$, avec :

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

Or, dans le cas de la pollution atmosphérique :

- $f=1$ car toute la population est exposée au niveau de pollution retenu,
- $RR=RR_{\Delta}$: excès de risque associé à un différentiel de pollution Δ , donné par la relation exposition-risque associée au polluant et à l'indicateur sanitaire étudiés.

Le NA est donc calculé pour un différentiel de pollution selon la formule simplifiée suivante :

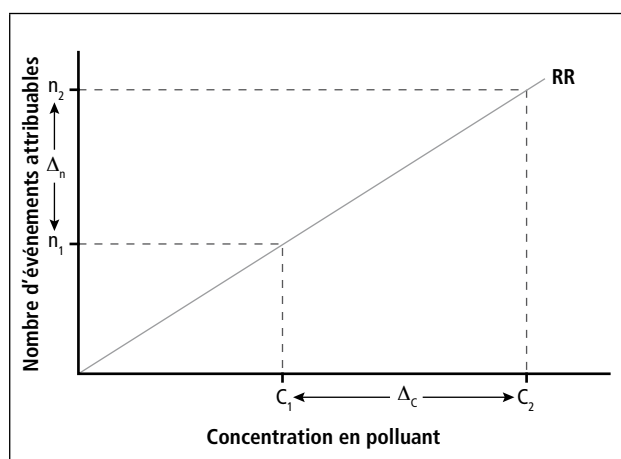
• $NA=((RR_{\Delta}-1)/RR_{\Delta})*N$, avec :

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

Le principe de la démarche d'EIS est représenté dans la figure 1.

FIGURE 1

Principe du calcul de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution



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

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

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

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

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

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 sur l'année et saisonnier est ensuite obtenu en additionnant les événements sanitaires attribuables pour chaque jour.

Ce calcul s'applique pour chacun des indicateurs d'exposition caractérisant la pollution urbaine. Cependant, les RR 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 étudiés.

En pratique, cette étape de caractérisation du risque a été réalisée sous Excel grâce à une feuille de calcul développée par l'InVS [1] et nommée EIS-PA. Cette application permet de réaliser de manière automatisée et standardisée une EIS pour différents indicateurs de pollution atmosphérique, différents indicateurs sanitaires et selon différents scénarios préétablis. Ce calcul s'appliquait pour chacun des indicateurs d'exposition caractérisant la pollution urbaine.

2.7.1 Caractérisation du risque, EIS à court terme

Les niveaux de référence (C_i) choisis étaient de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l' O_3 et de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules (PM_{10}). Ils correspondaient à des niveaux faibles de pollution proches ou inférieurs au 5^e percentile des valeurs mesurées sur la zone d'étude.

Les scénarios de gains sanitaires étaient les suivants selon le polluant considéré :

- **scénario 1** : gain sanitaire attendu en ramenant les niveaux mesurés de l'indicateur de pollution aux valeurs guides recommandées par l'OMS en 2005 [16] les jours où cette valeur était dépassée (impact des pics de pollution) soit :
 - **indicateur O_3** : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne sur 8 heures, l'été),
 - **indicateur PM_{10}** : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne sur 24 heures) ;

- **scénario 2** : gain sanitaire attendu sous l'hypothèse d'une diminution des valeurs journalières (impact des niveaux de fond de pollution) des indicateurs de :
 - **indicateur O₃** : 10 µg/m³,
 - **indicateur PM₁₀** : 5 µg/m³.

2.7.2 Caractérisation du risque, EIS à long terme

Le calcul a été réalisé uniquement pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} estimées. Les niveaux de référence ont été choisis en cohérence avec ceux utilisés dans le programme européen APHEIS [14].

Les scénarios de gains sanitaires pour les PM₁₀ étaient les suivants :

- **scénario 1** : gain sanitaire attendu sous l'hypothèse d'une diminution de la moyenne annuelle des PM₁₀ à 20 µg/m³, qui correspondait

à la valeur guide pour la protection de la santé humaine OMS 2005 [16];

- **scénario 2** : gain sanitaire attendu sous l'hypothèse d'une diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle des PM₁₀.

Les scénarios de gains sanitaires pour les PM_{2,5} étaient les suivants :

- **scénario 1** : gain sanitaire attendu sous l'hypothèse d'une diminution de la moyenne annuelle des PM_{2,5} jusqu'à 25 µg/m³, valeur limite proposée par la Commission européenne pour la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 relative aux PM_{2,5} et jusqu'à 10 µg/m³, valeur correspondant à la valeur guide pour la protection de la santé humaine OMS 2005 [16];
- **scénario 2** : gain sanitaire attendu sous l'hypothèse d'une diminution de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle des PM_{2,5}.

TABLEAU 4

Récapitulatif des valeurs des niveaux de référence (en µg/m³) en fonction du scénario et du polluant, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

EIS	Polluant	Scénario 1 : niveaux ramenés à un niveau de référence	Scénario 2 : diminution des niveaux
Court terme	O ₃ (en moyenne glissante sur 8 h)	100	10
	PM ₁₀ (en moyenne journalière 24 h)	50	5
Long terme	PM ₁₀ (en moyenne annuelle)	20	5
	PM _{2,5} (en moyenne annuelle)	10, 25	5

3. Résultats

3.1 CARACTÉRISATION DE LA ZONE ET DE LA PÉRIODE D'ÉTUDE

La zone initiale d'étude était définie par l'unité urbaine d'Angers selon le recensement de 1999 de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee).

Cette unité regroupait 12 communes : Angers, Avrillé, Beaucouzé, Bouchemaine, Écouflant, Juigné-sur-Loire, Mûrs-Érigné, Les Ponts-de-Cé, Saint-Barthélemy-d'Anjou, Sainte-Gemmes-sur-Loire, Saint-Sylvain-d'Anjou et Trélazé (figure 2).

3.1.1 Description de la zone d'étude : topographie, climat

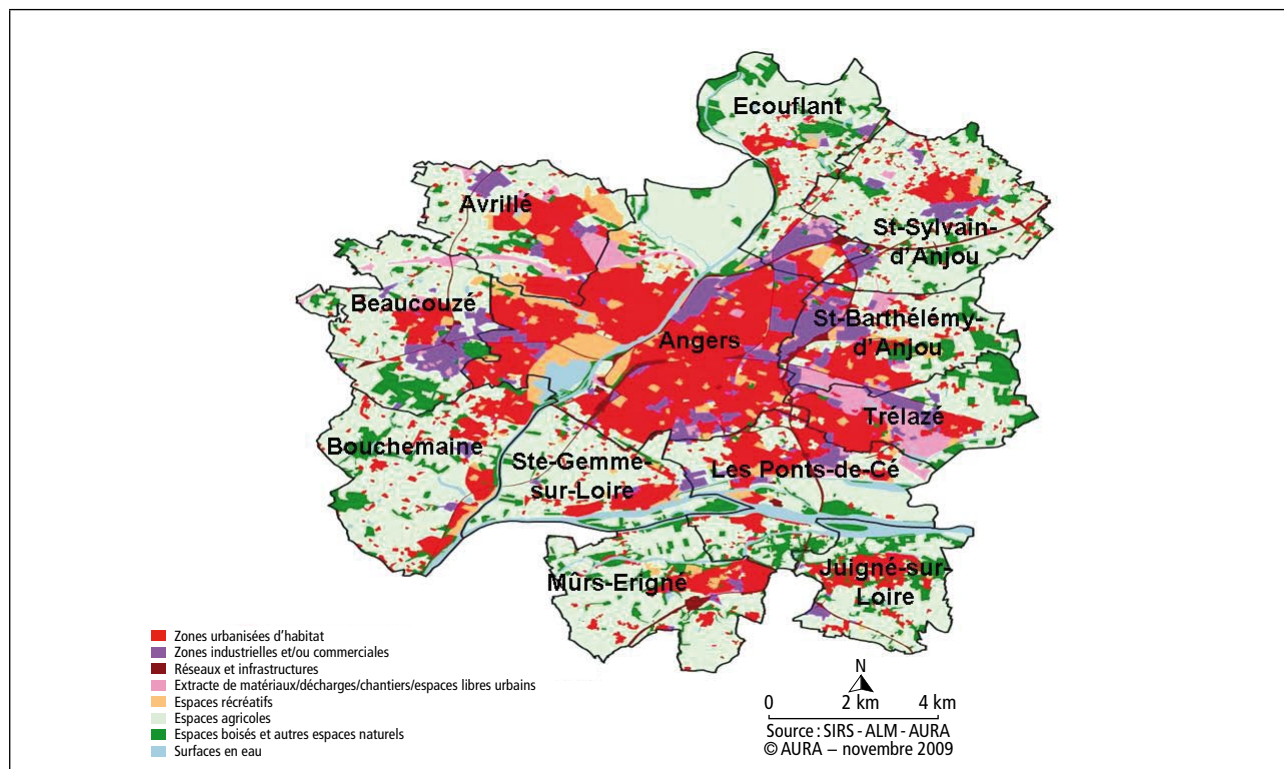
La ville d'Angers est la préfecture du département de Maine-et-Loire (49). Elle est située au carrefour des voies de communication entre

Nantes et Paris et celles de la région Bretagne et de la région Centre. La ville est le centre d'une communauté d'agglomération, Angers Loire Métropole comprenant 31 communes et 287 000 habitants avec une superficie de 510 km². Angers est la deuxième ville et agglomération la plus peuplée des Pays de la Loire (après Nantes), la troisième agglomération du Grand-Ouest (après Nantes et Rennes). Angers est située entre 12 et 64 mètres d'altitude.

Particulièrement vallonnée, la ville s'est formée autour d'un promontoire rocheux qui domine les confluences des basses vallées angevines. Principalement au bord de la Maine, Angers se situe sur la Mayenne et la Sarthe. Le climat angevin, particulièrement doux, est lié à sa situation entre climat océanique et climat continental. Les hivers sont généralement pluvieux, les gelées rares et les étés ensoleillés. Le vent dominant est orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est (annexe 2) et est plus fréquent l'hiver (tableau 5). Le vent n'a pas d'influence significative sur la dispersion des polluants dans la zone d'étude.

| FIGURE 2 |

Localisation des communes et occupation du sol en 2005, unité urbaine d'Angers



Paramètres météorologiques de 1970 à 2007, station météorologique de Beaucouzé

Période	Température moyenne (°C)			Nombre de jours avec précipitations (≥1 mm)			Durée total d'insolation (en heures)			Nombre de jours avec vent fort (≥16 m/s)		
	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année
1970-2007	7,8	16,3	12,0	63,7	47,4	111,1	553,6	1 224	1 777,6	24,8	10,1	34,9

Source : Météo-France.

3.1.2 Description de la population de l'étude

La zone d'étude a une superficie de 227 km² pour 227 771 habitants au recensement Insee de 2006 [17], soit une densité de 1 003 habitants par km² (tableau 6). La ville d'Angers représentait à elle seule 67 % de la population de l'unité urbaine.

Les moins de 15 ans représentaient 16,6 % de la population de la zone d'étude, les 15-64 ans, 67,8 % et, les 65 ans et plus, 15,6 % (annexe 3). La répartition de la population par tranche d'âge était relativement homogène dans les 12 communes d'étude : entre 15,7 et 22 % pour les 0-14 ans, entre 63 % et 72 % pour les 15-64 ans, entre 8,7 % et 19,6 % pour les 65 ans et plus. La part des 65 ans et plus était la plus faible dans la commune de Beaucouzé (8,7 %).

Les données de déplacements domicile-travail concernaient les personnes actives ayant un emploi et l'exerçant au moment du recensement Insee 2006. La proportion des déplacements de l'ensemble des actifs de l'unité urbaine effectués dans la même commune et dans les autres communes de l'unité urbaine était supérieure à 80 % (85,6 %). Au total, seuls 14,4 % des actifs de l'ensemble de la zone d'étude se déplaçaient hors de l'unité urbaine pour aller travailler entre 9 % et 18,4 % selon la commune

(annexe 4). Ainsi, la majorité de la population de l'unité urbaine et donc de la zone d'étude résidait en permanence dans la zone.

Pour la période 2005-2007, la majorité des personnes âgées de 65 ans et plus, résidant dans l'unité urbaine d'Angers, et hospitalisées pour causes respiratoires ou cardio-vasculaires, l'a été dans les établissements de santé situés sur la même unité urbaine (Centre hospitalier universitaire (CHU) d'Angers, clinique Saint-Joseph, clinique Saint-Louis, clinique Saint-Martin-la-Forêt, clinique de l'Anjou, clinique Saint-Léonard et Polyclinique de l'Espérance). Seulement 4 % de ces personnes ont été hospitalisées dans d'autres établissements hors de la zone d'étude (annexe 5).

Sur le plan topographique, les différentes communes étaient en continuité urbaine et n'étaient pas séparées par un élément topographique susceptible de modifier la dispersion des polluants.

Après avis et expertise d'Air Pays de la Loire, les communes de l'unité urbaine constituaient une zone où la pollution pouvait être considérée comme homogène. Enfin, environ 80 % de la population active de l'unité urbaine travaillait dans les 12 communes concernées.

En conclusion, toutes les communes de l'unité urbaine ont donc été conservées dans la zone d'étude pour l'EIS-PA.

Répartition de la population de la zone d'étude, unité urbaine d'Angers

Commune	Nombre d'habitants	Superficie (km ²)	Densité (habitants/km ²)
Angers	152 337	43	3 568
Avrillé	12 242	16	770
Beaucouzé	4 677	19	242
Bouchemaine	5 918	20	299
Écouflant	3 738	17	220
Juigné-sur-Loire	2 471	13	198
Mûrs-Érigné	5 287	17	306
Les Ponts-de-Cé	11 440	20	584
Saint-Barthélemy-d'Anjou	9 075	15	622
Sainte-Gemmes-sur-Loire	3 905	15	264
Saint-Sylvain-d'Anjou	4 474	21	210
Trélazé	12 207	12	1 001
Total	227 771	227	1 003

Source : Insee, RP2006 exploitation principale.

3.1.3 Description de la période d'étude

La comparaison des paramètres météorologiques entre la période de référence "1970-2007" et la période "2005-2007" a montré :

- une augmentation de 5 % de la température moyenne ;
- une diminution de 7 % du nombre moyen de jours avec précipitations ;
- une augmentation de 5 % de la durée moyenne totale d'insolation ;
- une diminution de 3 % du nombre de jours moyens avec vent fort.

Par ailleurs, les paramètres météorologiques des trois années étudiées, 2005, 2006 et 2007 étaient relativement homogènes (tableau 7).

Ainsi, la période d'étude choisie "2005-2007" ne comportait pas d'événements climatiques exceptionnels et ne présentait pas de différences météorologiques avec les 30 dernières années. De plus, aucun événement sanitaire exceptionnel n'a été rapporté durant cette période. Les données sanitaires les plus récentes étaient disponibles et communes avec les données de pollution les plus récentes. Par ailleurs, la dernière année de disponibilité pour les données de mortalité étant l'année 2007, la période d'étude retenue pour l'EIS comprenait les années 2005, 2006 et 2007.

L'ensemble des 12 communes formant l'unité urbaine d'Angers et la période 2005-2007 respectaient tous les critères de définition pour la réalisation de l'EIS. L'EIS-PA a donc été réalisée sur l'unité urbaine durant la période "2005-2007".

| TABLEAU 7 |

Comparaison des paramètres météorologiques entre la période d'étude "2005-2007" et la période "1970-2007", station météorologique de Beaucouzé

Période	Température moyenne (°C)			Nombre de jours avec précipitations (≥1 mm)			Durée total d'insolation (en heures)			Nombre de jours avec vent fort (≥16 m/s)		
	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année	Hiver	Été	Année
1970-2007	7,8	16,3	12,0	63,7	47,4	111,1	553,6	1 224,0	1 777,6	24,8	10,1	34,9
2005	7,9	17,1	12,5	48,0	45,0	93,0	648,9	1 356,6	2 005,4	16,0	4,0	20,0
2006	7,9	17,8	12,9	58,0	41,0	99,0	548,5	1 271,5	1 820,0	29,0	8,0	37,0
2007	8,5	16,4	12,5	62,0	57,0	119,0	623,8	1 171,6	1 795,4	31,0	14,0	45,0
2005-2007	8,1	17,1	12,6	56,0	47,7	103,7	607,1	1 266,6	1 873,6	25,3	8,7	34,0

Source : Météo-France.

3.2 INDICATEURS DE POLLUTION

La Cire s'est appuyée sur l'expertise de la Direction régionale de l'équipement, de l'aménagement et du logement et d'Air Pays de la Loire pour vérifier que les rejets liés aux sources fixes de pollution de la zone d'étude, n'avaient pas d'impact significatif sur les niveaux moyens mesurés de particules. Les sources fixes significatives identifiées sur la zone étaient l'installation de l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et la chaufferie de la Roseraie (figure 3).

Les roses de pollution en particules PM₁₀ sur les stations Appentis et Monplaisir entre les années 2005 et 2007, transmises par Air Pays de la Loire ont montré que l'origine de la pollution provenait de toutes les directions et de façon relativement isotrope (annexe 6). Les concentrations maximales étaient enregistrées par vent d'Est en relation avec des vents d'origine continentale (parcours de la pollution sur de grandes distances) et surtout lors de conditions atmosphériques anticycloniques défavorables à la dispersion de la pollution. Aucune

élévation particulière n'était détectée sous le vent de l'incinérateur ou de la chaufferie de la Roseraie.

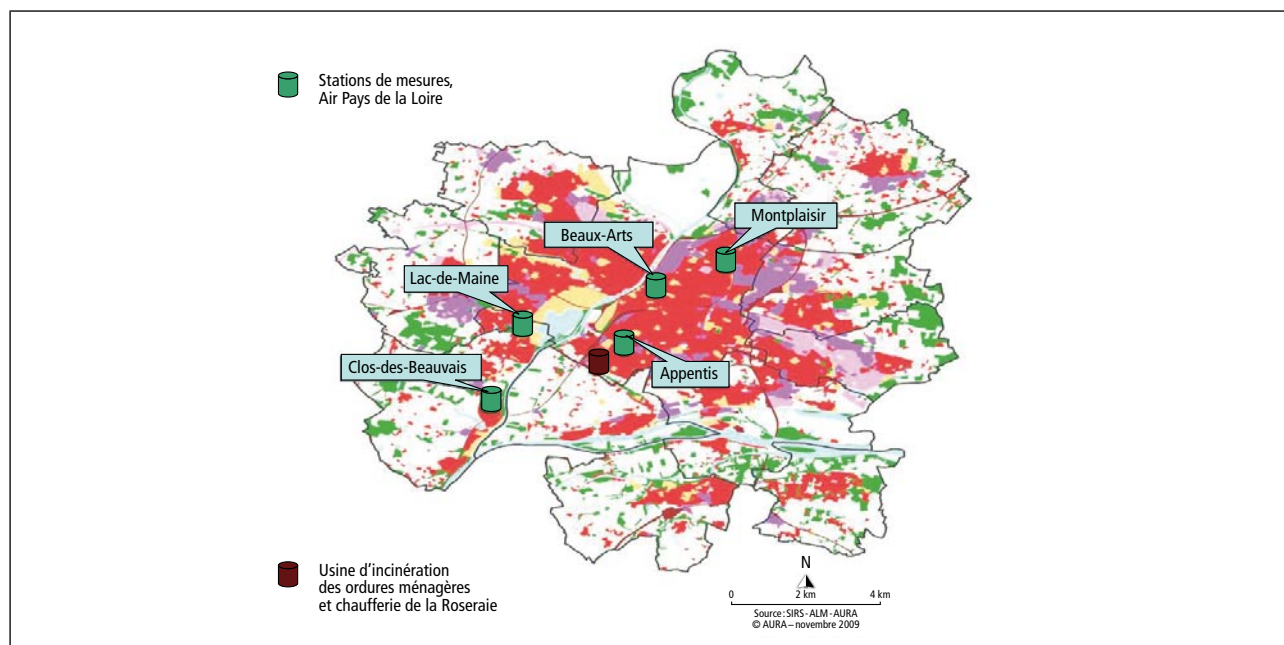
Pour les PM₁₀, la station Beaux-Arts a une période de fonctionnement commune de 2005 à 2007 avec la station Appentis puis avec la station Montplaisir qui remplaçait Appentis (tableau 8). Pour l'O₃, la station Appentis était remplacée par la station Montplaisir et la station Lac-de-Maine par la station Clos-des-Beauvais.

L'étude de corrélation des séries des différentes périodes communes de fonctionnement des cinq stations a permis de retenir toutes les stations pour la construction des indicateurs PM₁₀ et O₃ (annexe 7).

La distribution des niveaux de PM₁₀ variait de 5 à 60 µg/m³ avec une moyenne annuelle sur la période d'environ 16 µg/m³. La distribution d'O₃ variait de 44,5 à 180 µg/m³ avec une moyenne estivale sur la période d'environ 91,1 µg/m³ (tableau 9).

| FIGURE 3 |

Localisation des stations de mesures des polluants et de la principale source de pollution identifiée, unité urbaine d'Angers, Air Pays de la Loire, 2005-2007



| TABLEAU 8 |

Description des périodes de fonctionnement des stations de mesures, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

PM ₁₀				
Appentis	01/01/2005		03/01/2007	
Montplaisir				05/01/2007 31/12/2007
Beaux-Arts	01/01/2005			31/12/2007
O ₃				
Appentis	01/01/2005		03/01/2007	
Montplaisir	01/01/2005	30/06/2005		05/01/2007 31/12/2007
Beaux-Arts	01/01/2005	30/06/2005		
Lac-de-Maine	01/01/2005		26/02/2006	
Clos-des-Beauvais			28/02/2006	31/12/2007

| TABLEAU 9 |

Distribution des niveaux d'O₃ et de PM₁₀ non corrigés, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

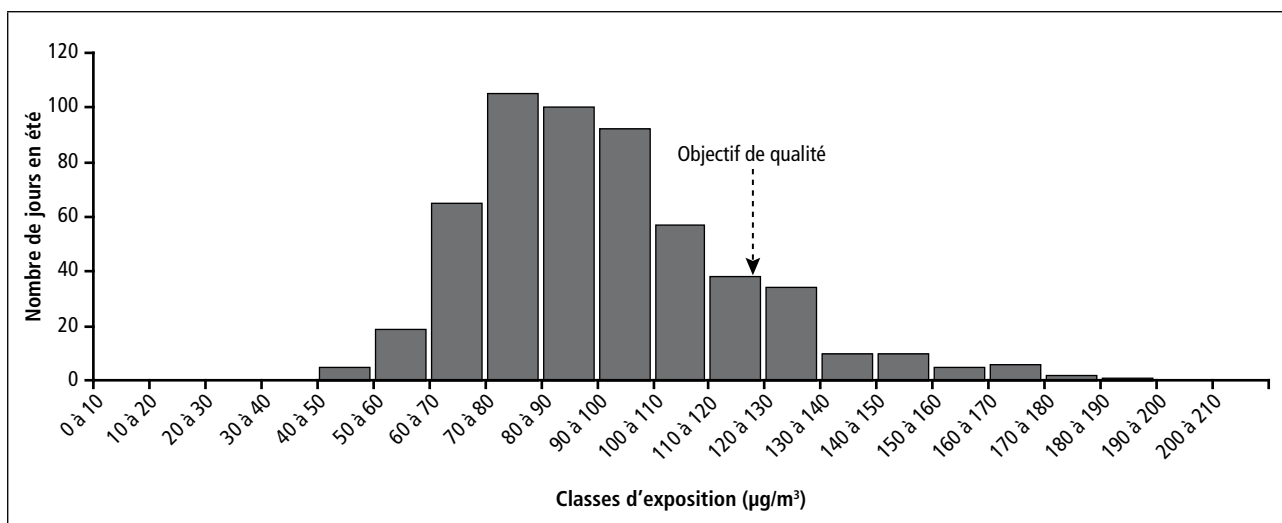
Indicateur de pollution	O ₃ été	PM ₁₀
Minimum	44,5	5,0
Percentile 5	61,0	8,5
1 ^{er} quartile	74,0	11,5
Médiane	87,5	15,0
3 ^e quartile	103,5	19,5
Percentile 95	133,5	27,5
Maximum	180,0	60,0
Moyenne	91,1	16,0
Écart-type	23,5	6,4

La comparaison des niveaux moyens des polluants avec les objectifs de qualité réglementaires en vigueur [13] a montré :

- pour l'O₃ : que l'objectif de qualité n'a pas été respecté avec 68 jours de dépassement de la **moyenne sur 8 heures consécutives** supérieure à 120 µg/m³, soit 12 % de la période été 2005-2007 (figure 4) ;
- pour les PM₁₀ : que l'objectif de qualité a été respecté avec des **moyennes annuelles** inférieures à 30 µg/m³. La distribution par classes montrait que les valeurs journalières n'ont pas dépassé le seuil de 50 µg/m³ plus de 35 jours (figure 5).

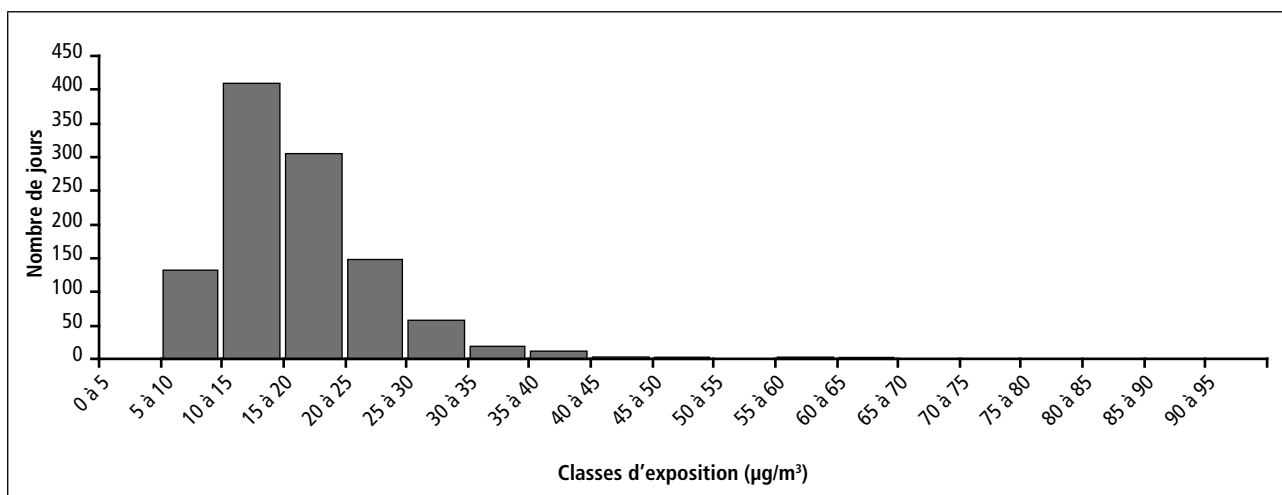
| FIGURE 4 |

Distribution par classes de l'indicateur d'exposition O₃ en été, unité urbaine d'Angers, 2005-2007



| FIGURE 5 |

Distribution par classes de l'indicateur d'exposition PM₁₀ non corrigées, unité urbaine d'Angers, 2005-2007



3.3 INDICATEURS SANITAIRES

Le nombre total de décès sur la période étudiée était de 4 637 décès toutes causes confondues hors causes accidentelles, tous âges confondus, soit 1 546 décès moyens par an et 4,2 décès moyens quotidiens (tableau 10).

| TABLEAU 10 |

Nombre moyen de décès, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

Mortalité	Nombre total de décès (2005-2007)			Nombre moyen annuel de décès			Nombre moyen quotidien de décès		
	Été	Hiver	Total	Été	Hiver	Total	Été	Hiver	Total
Toutes causes non accidentelles	2 162	2 475	4 637	721	825	1 546	4,0	4,5	4,2
Totale, 30 ans et plus	NC ^a	NC	4 578	NC	NC	1 526	NC	NC	NC
Cardio-pulmonaire, 30 ans et plus	NC	NC	1 449	NC	NC	483	NC	NC	NC

^a NC : non calculé.

Sources : CépiDC, Inserm, InVS.

Le nombre annuel d'hospitalisations des personnes âgées de 65 ans et plus résidant dans la zone d'étude était de 2 243 pour les causes cardio-vasculaires et de 651 pour les motifs respiratoires (tableau 11). Le détail par commune des hospitalisations pondérées par la part de la population concernée est présenté en annexe 9.

| TABLEAU 11 |

Nombre moyen d'admissions hospitalières chez les 65 ans et plus, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

	Motif respiratoire			Motif cardio-vasculaire		
	Hiver	Été	Total	Hiver	Été	Total
Année	370	280	651	1 227	1 015	2 243
Jour	2,0	1,5	1,8	6,7	5,6	6,1

Sources : PMSI, InVS.

3.4 NOMBRE DE CAS ATTRIBUABLES À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE À COURT TERME

3.4.1 Impact sanitaire total

Les effets des différents indicateurs de pollution n'étant pas indépendants entre eux, les cas attribuables à chaque indicateur n'étaient pas cumulables. Ainsi, pour un indicateur sanitaire donné, le nombre de cas attribuables retenu correspondait à la valeur la plus élevée parmi celles obtenues pour les différents indicateurs de pollution. Elle s'interprétait comme l'estimation minimale de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine dans son ensemble.

Le nombre de décès, tous âges confondus, attribuables à la pollution atmosphérique dans l'unité urbaine d'Angers, a été estimé à 33 décès annuels. Le nombre d'admissions hospitalières, chez les personnes âgées de 65 ans et plus, attribuables à la pollution atmosphérique dans l'unité urbaine d'Angers a été estimé à 14 hospitalisations pour

motif respiratoire et 20 pour motif cardio-vasculaire (tableau 12). Ces événements représentaient respectivement 2,1 %, 2,2 % et 1 % des décès et des hospitalisations pour causes respiratoires et cardio-vasculaires survenant annuellement dans l'unité urbaine d'Angers.

| TABLEAU 12 |

Nombre de décès toutes causes et d'admissions hospitalières chez les 65 ans et plus, attribuables à la pollution atmosphérique à court terme, unité urbaine d'Angers, 2005-2007

Indicateur sanitaire	Estimation du nombre de cas attribuables 2005-2007	Estimation du nombre annuel de cas attribuables
Mortalité toutes causes	98	33
Hospitalisations 65 ans et plus		
Respiratoires	41	14
Cardio-vasculaires	60	20

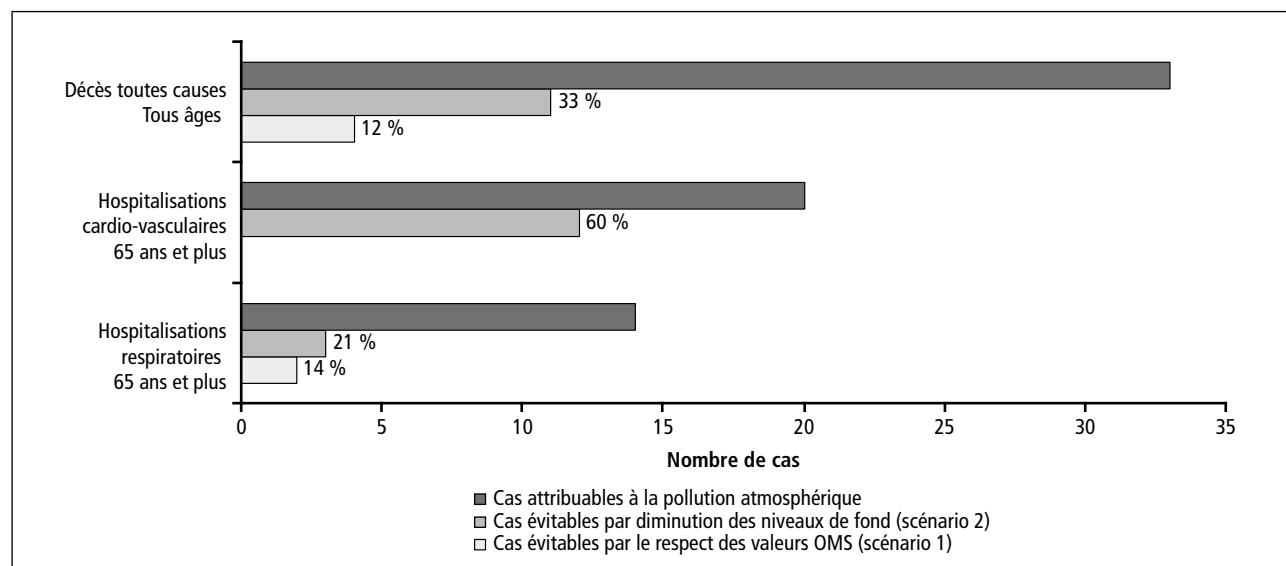
3.4.2 Gains sanitaires attendus par réduction de la pollution

Sous l'hypothèse d'une diminution des niveaux dépassant le niveau de référence en les ramenant à ce niveau (scénario 1), 4 décès annuels auraient pu être évités, soit 12 % de la mortalité attribuable à la PA. De même, 2 admissions hospitalières annuelles pour motif respiratoire auraient pu être évitées, soit 14 % des admissions respiratoires et aucune admission pour motif cardio-vasculaire (figure 6).

Sous l'hypothèse d'une diminution des valeurs journalières (scénario 2), 11 décès annuels auraient pu être évités, soit 33 % de la mortalité attribuable à la PA. De même, 3 admissions hospitalières annuelles pour motif respiratoire auraient pu être évitées, soit 21 % des admissions respiratoires et 12 admissions pour motif cardio-vasculaire, soit 60 % des admissions cardio-vasculaires (figure 6).

| FIGURE 6 |

Proportion d'évènements sanitaires pouvant être évités en fonction des deux scénarios, unité urbaine d'Angers, 2005-2007



3.5 NOMBRE DE CAS ATTRIBUABLES À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE À LONG TERME

Sous l'hypothèse d'une réduction de la valeur moyenne annuelle à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des $\text{PM}_{2,5}$ estimés, 24 décès annuels auraient pu être évités, dont 11 décès pour cause cardio-pulmonaire. Sous l'hypothèse d'une diminution de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la valeur moyenne annuelle des PM_{10} , 32 décès annuels auraient pu être évités (tableau 13).

| TABLEAU 13 |

**Gain sanitaire annuel attendu en fonction
du niveau de réduction de la pollution
atmosphérique à long terme, unité urbaine
d'Angers, 2005-2007**

Indicateur sanitaire	Scénario 1	Scénario 2
Estimation nombre de décès évitables, tous âges		32
Estimation nombre de décès évitables, 30 ans et plus	24	
Estimation nombre de décès cardio-pulmonaires évitables	11	

4. Discussion et recommandations

Cette étude reposait sur l'hypothèse essentielle de causalité de la relation entre pollution atmosphérique et santé. Ayant utilisé les résultats des études épidémiologiques pour estimer l'impact sanitaire de la pollution urbaine à court et à long termes, formalisés par l'InVS, elle ne visait pas à prouver ces effets mais à les quantifier à l'échelle de l'unité urbaine d'Angers.

4.1 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'EIS

Cette étude d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique a été réalisée avec le guide méthodologique de l'InVS qui utilise les relations exposition-risque estimés par le Psas 2008 [6].

L'impact sanitaire à court terme de la PA à Angers a été estimé chaque année à 33 décès anticipés tous âges confondus et 34 admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires des personnes âgées de 65 ans et plus, et ce malgré une qualité de l'air ayant respecté globalement les objectifs de qualité réglementaires.

La suppression des pics de pollution réduirait de 12 % la mortalité attribuable à la PA à court terme et de 14 % les admissions pour causes respiratoires. À court terme, une réduction globale de la moyenne journalière de la pollution atmosphérique réduirait la mortalité de 33 %, les admissions hospitalières pour causes respiratoires de 21 % et celles pour causes cardio-vasculaires de 60 %.

Selon Air Pays de la Loire, le scénario de réduction des niveaux de pollution de l'ozone (suppression des pics) paraissait difficilement envisageable, la pollution à l'ozone étant présente à une échelle plus grande que l'échelon régionale.

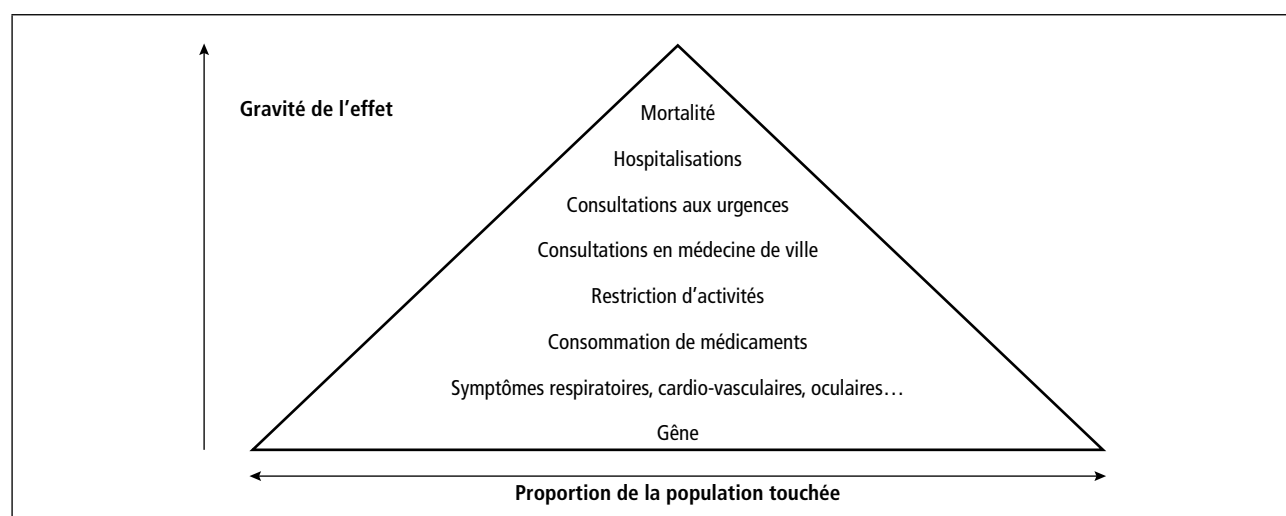
Ainsi, en termes d'action corrective, une réduction des niveaux de fond de la pollution particulaire (PM_{10} et $PM_{2,5}$) permettrait d'agir sur l'exposition chronique de la population et de diminuer l'impact à long terme de la PA. Une diminution de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle des PM_{10} permettrait d'éviter 32 décès annuels. Une réduction de la valeur moyenne annuelle des $PM_{2,5}$ à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ permettrait d'éviter 24 décès annuels dont 11 décès cardio-pulmonaires. Ces mesures préventives, réalisables techniquement, sembleraient être les plus efficaces en termes de santé publique. Par ailleurs, elles constituent par ailleurs les mesures préconisées par l'avis de l'Afset sur les particules [18].

Cette EIS a permis de quantifier les effets graves de la pollution atmosphérique qui ont conduit à une hospitalisation ou un décès. Les données de morbidité ne prenaient pas en compte les passages aux urgences ni les pathologies traitées en médecine ambulatoire (allergies, asthme, irritations oculaires...) qui peuvent être liées à la PA et touchent une part plus importante de la population (figure 7).

Ainsi, ces résultats donnaient un ordre de grandeur des conséquences sanitaires graves de l'exposition à la PA. Elle a montré que l'impact collectif était réel malgré des niveaux de pollution considérés comme faibles.

| FIGURE 7 |

Pyramide des effets sanitaires de la pollution atmosphérique



4.2 LIMITES ET INCERTITUDES DE L'ÉTUDE

La démarche utilisée, basée sur une série d'estimations présentait des limites et des incertitudes, inhérentes aux indicateurs et relations exposition-risque (ER) utilisés. C'est pourquoi, les résultats doivent être considérés comme des ordres de grandeur.

Les relations E-R retenues d'études épidémiologiques réalisées sur des populations différentes ont été transposées aux données locales. De plus, elles présentaient une incertitude statistique quantifiée par l'intervalle de confiance entourant la valeur centrale du risque relatif utilisé. Bien que les données de mortalité soient standardisées en s'appuyant sur la CIM-10, elles pouvaient être imprécises du fait d'erreur de codage. Les données de morbidité s'appuyant sur le PMSI pouvaient également être soumises à ces erreurs. Cependant, ce biais a été diminué en utilisant de grandes catégories de cause (admissions respiratoires, cardio-vasculaires et décès toutes causes).

L'identification des dangers sanitaires a utilisé les données de surveillance de la qualité de l'air extérieur sans prendre en compte l'impact lié aux polluants de l'air intérieur (par exemple : les composés organiques volatils) qui est quasi-impossible à mesurer compte tenu de la forte variabilité de l'exposition individuelle.

L'exposition a été estimée de manière globale à l'échelle de la population de la zone d'étude. L'hypothèse sous-jacente était que la population était exposée quotidiennement à des niveaux de pollution homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude (hypothèse vérifiée par Air Pays de la Loire). Cette hypothèse masquait les inégalités d'exposition géographique (notamment, l'impact du trafic routier avec une exposition au NO₂, précurseur de l'O₃ dans les rues "canyons").

De plus, un même niveau moyen quotidien d'exposition a été attribué aux personnes résidant dans la zone d'étude alors que ces dernières étaient exposées à des niveaux variables dans la même journée. Cette estimation de l'exposition au niveau de la population ne tenait pas compte non plus de la vulnérabilité des personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques, fragilités cardio-vasculaires). L'impact sanitaire avait, par conséquent, pu être sur ou sous-estimé.

4.3 RECOMMANDATIONS

4.3.1 Impact de la PA à l'échelle régionale

Dans la région des Pays de la Loire, les EIS des agglomérations du Mans et de Nantes [2,3] ne sont pas comparables à celles d'Angers car elles ont été réalisées à des périodes d'étude et avec des relations E-R différentes. Une comparaison des résultats de plusieurs EIS-PA dans plusieurs agglomérations ne serait réalisable et pertinente qu'aux conditions suivantes :

- mêmes relations exposition-risque;
- coïncidence des périodes d'études;
- populations identiques;
- accès aux systèmes de soins comparable;
- conditions météorologiques proches (même région idéalement).

C'est pourquoi, il pourrait être proposé de réactualiser les EIS de Nantes et du Mans. Pour ce faire, il sera alors nécessaire de disposer de données de surveillance des PM₁₀ et PM_{2,5} consolidées.

Ainsi, l'une des premières recommandations pourrait être de :

- maintenir et renforcer la surveillance permanente des PM_{2,5} sur les grandes agglomérations de la région effective depuis le 1^{er} janvier 2010;
- réaliser des études de spéciation des PM_{2,5} afin d'identifier les principales sources émettrices (tertiaire, chauffage, industries...);
- maintenir et renforcer la surveillance des particules autour du site de la chaufferie de la Roseraie.

Ces deux objectifs de renforcement de la surveillance des particules et d'actualisation des EIS entrent dans le cadre du Programme régional santé environnement 2 et du futur Schéma régional climat air et énergie des Pays de la Loire.

4.3.2 Actions d'information à destination des décideurs et du grand public

Les pouvoirs publics sont identifiés comme les acteurs les mieux placés pour agir contre la PA par les deux tiers de la population régionale. Les Ligériens se déclaraient prêts à s'investir personnellement : plus de la moitié estimaient que cette lutte reposait sur chaque individu et ils étaient dans l'ensemble favorables au développement de solutions alternatives à la circulation automobile.

Les résultats des EIS des grandes agglomérations ligériennes pourraient être comparés dans une plaquette régionale à l'attention des décideurs. Cette même plaquette pourrait également servir de support d'information au grand public sur les effets sanitaires de la PA.

Références bibliographiques

- [1] Blanchard M, Borrelli D, Chardon B *et al.* Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Concepts et méthodes. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, mars 2008, 35 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr
- [2] Guillois-Becel Y, Meunier A, Grall B. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Brest et Nantes. Impact à long terme. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, octobre 2004, 51 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr
- [3] Ddass de la Sarthe. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération Mancelle. Direction départementale des affaires sanitaires et sociales, Le Mans, novembre 2001, 24 p.
- [4] ORS Pays de La Loire. Baromètre santé environnement Pays de la Loire 2007. ORS Pays de la Loire ; 2009.
- [5] Lefranc A, Blanchard M, Borelli D *et al.* Relations à court terme entre les niveaux de pollution atmosphérique et les admissions à l'hôpital dans huit villes françaises. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, novembre 2006, 66 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr
- [6] Programme de surveillance air et santé. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, juin 2008, 41 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr
- [7] Kunzli N, Tager IB. Air pollution: from lung to heart. *Swiss Med Wkly* 2005;135:697-702.
- [8] Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C *et al.* Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach*. *BMJ* 1997;314:1658-63.
- [9] Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J *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;164:1860-6.
- [10] Morris RD. Airborne particulates and hospital admissions for cardiovascular disease: a quantitative review of the evidence. *Environ Health Perspect* 2001;109:495-500.
- [11] Pope CA, III, Thun MJ, Namboodiri MM *et al.* Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:669-74.
- [12] Kunzli N, Kaiser R, Medina S *et al.* Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000;356:795-801.
- [13] Air Pays de La Loire. Rapport annuel 2009 : bilan de la qualité de l'air dans les Pays de la Loire et rapport d'activités d'Air Pays de la Loire. Air Pays de la Loire 2010.
- [14] Air Pollution and Health: a European Information System. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Europe. Rapport de la troisième phase, 2002-2003, 2006.
- [15] Pope CA, III, Burnett RT, Thun MJ *et al.* Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama* 2002;287:1132-41.
- [16] WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – global update 2005 – summary of risk assessment 2005.
- [17] Insee. Recensement de la population. Insee 2006. Disponible sur : www.recensement.insee.fr/home.action?zoneSearchField=JUIGNE&codeZone=49167-COM&idTheme=12
- [18] Afsset. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à une synthèse des éléments sanitaires en vue d'un appui à l'élaboration de seuils d'information et d'alerte du public pour les particules dans l'air ambiant. Afsset, 20 mars 2009.

Index des tableaux et figures

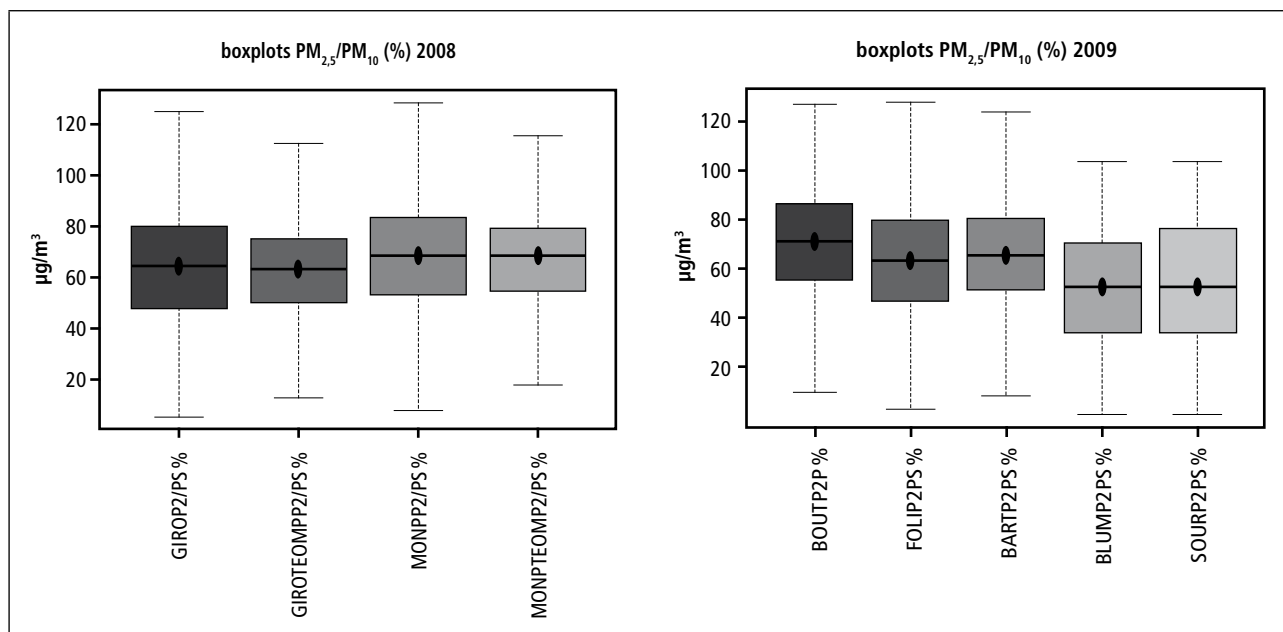
TABLEAUX

Tableau 1 – Caractéristiques des stations de mesure des polluants atmosphériques, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	6
Tableau 2 – Risques relatifs de mortalité et morbidité hospitalière à court terme estimés pour une exposition à 0-1 jour et pour une augmentation de 10 µg/m ³ du niveau de l'indicateur de pollution	7
Tableau 3 – Risques relatifs de mortalité à long terme estimés pour une augmentation de 10 µg/m ³ du niveau des PM ₁₀ et des PM _{2,5}	7
Tableau 4 – Récapitulatif des valeurs des niveaux de référence (en µg/m ³) en fonction du scénario et du polluant, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	9
Tableau 5 – Paramètres météorologiques de 1970 à 2007, station météorologique de Beaucouzé	11
Tableau 6 – Répartition de la population de la zone d'étude, unité urbaine d'Angers	11
Tableau 7 – Comparaison des paramètres météorologiques entre la période d'étude "2005-2007" et la période "1970-2007", station météorologique de Beaucouzé	12
Tableau 8 – Description des périodes de fonctionnement des stations de mesures, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	13
Tableau 9 – Distribution des niveaux d'O ₃ et de PM ₁₀ non corrigées, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	13
Tableau 10 – Nombre moyen de décès, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	14
Tableau 11 – Nombre moyen d'admissions hospitalières chez les 65 ans et plus, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	15
Tableau 12 – Nombre de décès toutes causes et d'admissions hospitalières chez les 65 ans et plus, attribuables à la pollution atmosphérique à court terme, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	15
Tableau 13 – Gain sanitaire annuel attendu en fonction du niveau de réduction de la pollution atmosphérique à long terme, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	16

FIGURES

Figure 1 – Principe du calcul de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution	8
Figure 2 – Localisation des communes et occupation du sol en 2005, unité urbaine d'Angers	10
Figure 3 – Localisation des stations de mesures des polluants et de la principale source de pollution identifiée, unité urbaine d'Angers, Air Pays de la Loire, 2005-2007	13
Figure 4 – Distribution par classes de l'indicateur d'exposition O ₃ en été, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	14
Figure 5 – Distribution par classes de l'indicateur d'exposition PM ₁₀ non corrigées, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	14
Figure 6 – Proportion d'événements sanitaires pouvant être évités en fonction des deux scénarios, unité urbaine d'Angers, 2005-2007	15
Figure 7 – Pyramide des effets sanitaires de la pollution atmosphérique	17

ANNEXE 1 – VALEURS PRISES PAR LE RAPPORT $PM_{2,5}/PM_{10}$ EN 2008 ET 2009 EN RÉGION PAYS DE LA LOIRE (BLUM : EMBRUNS MARINS-GROSSES PARTICULES ; MONP : STATION MONTPLAISIR, ANGERS)



Source: Air Pays de la Loire.



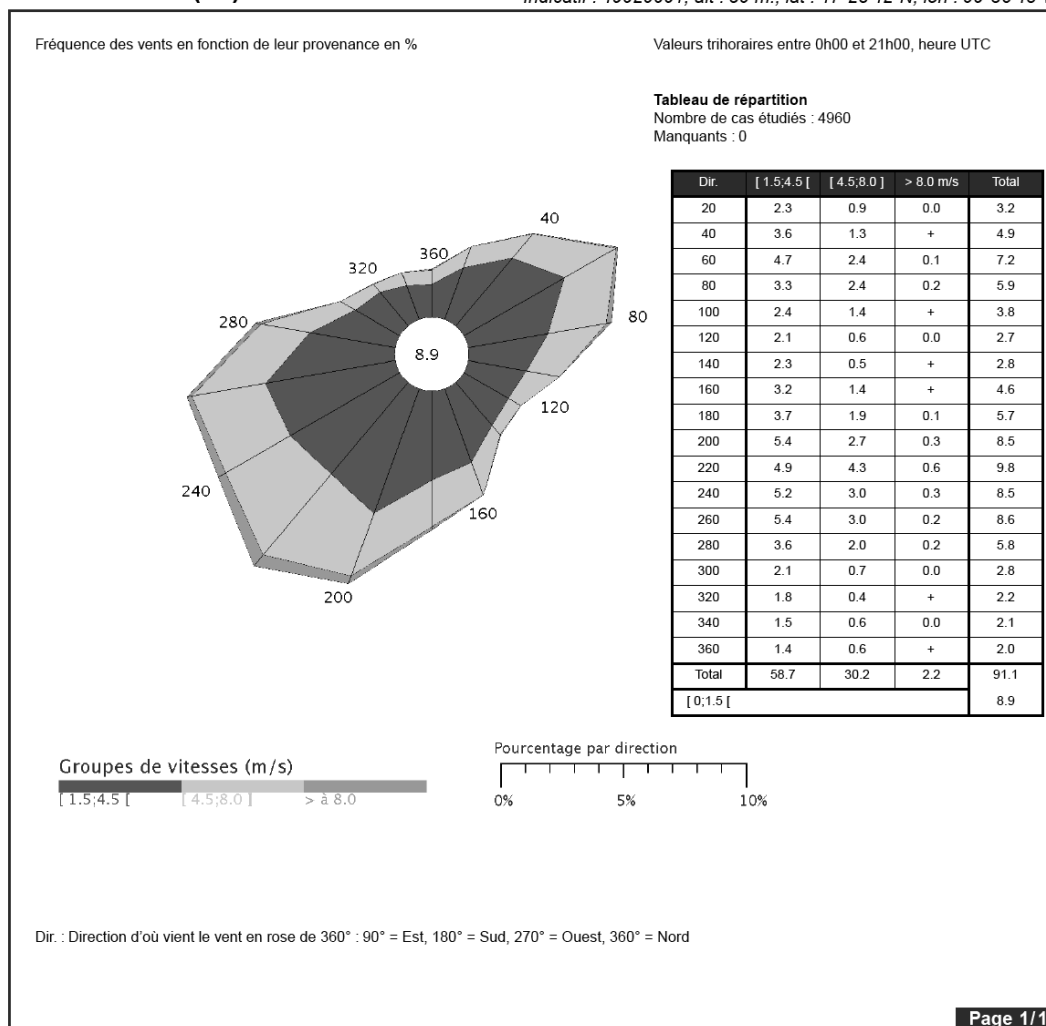
NORMALES DE ROSE DE VENT

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Période 1981-2000 – Mois de JANVIER

BEAUCOUZE (49)

Indicatif : 49020001, alt : 50 m., lat : 47°28'42"N, lon : 00°36'48"W



Edité le : 20/08/2009 dans l'état de la base

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Direction de la Production
 42 avenue Gustave Coriolis 31057 Toulouse Cedex
 Fax : 05 61 07 80 79 – Email : climattheque@meteo.fr

ANNEXE 3 – RÉPARTITION DE LA POPULATION DE LA ZONE D'ÉTUDE PAR CLASSES D'ÂGE, UNITÉ URBAINE D'ANGERS

Commune	Classes d'âge						Total
	0-14 ans	%	15-64 ans	%	65 ans et plus	%	
Angers	24 193	15,9	105 045	69,0	23 099	15,2	152 337
Avrillé	2 024	16,5	7 824	63,9	2 394	19,6	12 242
Beaucouzé	901	19,3	3 368	72,0	408	8,7	4 677
Bouchemaine	1 034	17,5	3 902	65,9	982	16,6	5 918
Écouflant	662	17,7	2 369	63,4	707	18,9	3 738
Juigné-sur-Loire	481	19,5	1 565	63,3	425	17,2	2 471
Mûrs-Érigné	941	17,8	3 508	66,4	838	15,9	5 287
Les Ponts-de-Cé	1 841	16,1	7 469	65,3	2 130	18,6	11 440
Saint-Barthélemy-d'Anjou	1 665	18,3	6 009	66,2	1 401	15,4	9 075
Sainte-Gemmes-sur-Loire	612	15,7	2 613	66,9	680	17,4	3 905
Saint-Sylvain-d'Anjou	852	19,0	2 967	66,3	655	14,6	4 474
Trélazé	2 680	22,0	7 686	63,0	1 841	15,1	12 207
Total	37 886	16,6	154 325	67,8	35 560	15,6	227 771

Source : Insee, RP2006 exploitation principale.

ANNEXE 4 – DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL, UNITÉ URBAINE D'ANGERS

Commune de provenance	Total déplacements lieu de résidence lieu de travail	Déplacements dans la même commune		Déplacements dans les autres communes de l'unité urbaine		Déplacements hors de l'unité	
	Effectif	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Angers	59 662	40 444	67,8	10 270	17,2	8 948	15,0
Avrillé	4 998	1 255	25,1	2 949	59,0	794	15,9
Beaucouzé	2 174	515	23,7	1 464	67,3	195	9,0
Bouchemaine	2 401	370	15,4	1 734	72,2	297	12,4
Écouflant	1 466	307	20,9	1 016	69,3	143	9,8
Juigné-sur-Loire	1 051	181	17,2	677	64,4	193	18,4
Mûrs-Érigné	2 424	503	20,8	1 499	61,8	422	17,4
Les Ponts-de-Cé	4 751	973	20,5	3 190	67,1	588	12,4
Saint-Barthélemy-d'Anjou	3 706	1 240	33,5	2 010	54,2	456	12,3
Sainte-Gemmes-sur-Loire	1 512	457	30,2	844	55,8	211	14,0
Saint-Sylvain-d'Anjou	2 046	523	25,6	1 242	60,7	281	13,7
Trélazé	4 859	1 171	24,1	3 066	63,1	622	12,8
Total	91 050	47 939	52,7	29 961	32,9	13 150	14,4

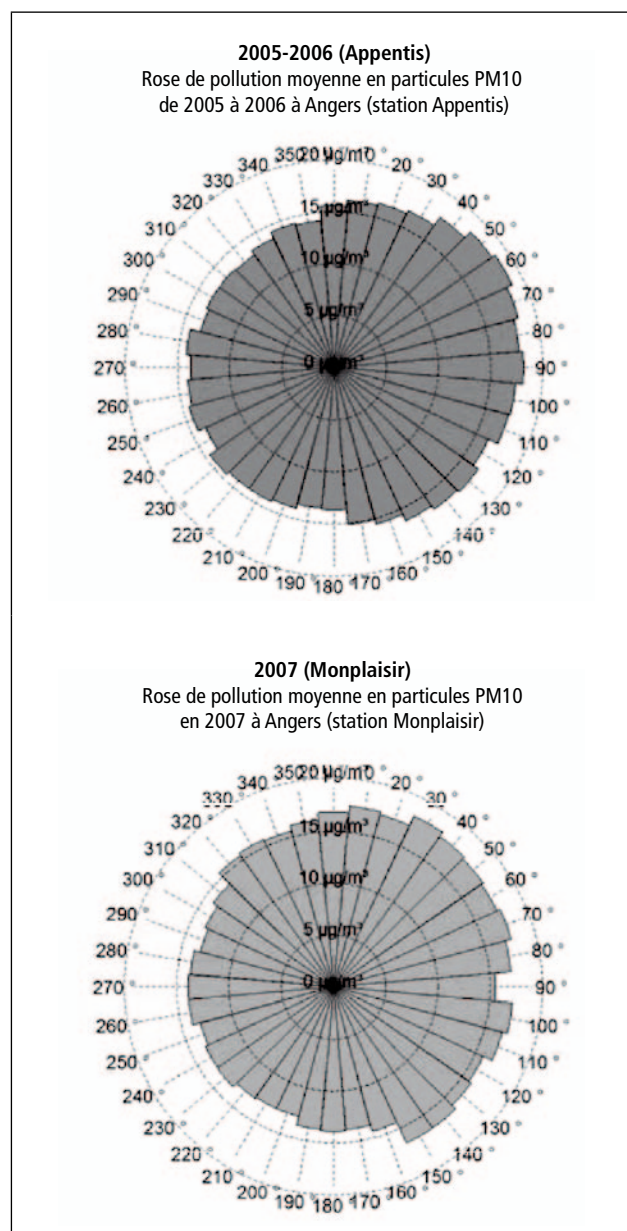
Source : Insee, RP2006 exploitation principale.

ANNEXE 5 – RÉPARTITION DES HOSPITALISATIONS DES PERSONNES ÂGÉES DE 65 ANS ET PLUS RÉSIDANT DANS L'UNITÉ URBAINE D'ANGERS EN FONCTION DU MOTIF D'ADMISSION ET DE L'ÉTABLISSEMENT DE SANTÉ, 2005-2007

Établissements de santé	Causes respiratoires						Causes cardio-vasculaires									
	2005		2006		2007		Total		2005		2006		2007		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
CHU Angers	536	74,1	558	75,6	563	76,4	1 657	75,4	1 603	62,8	1 503	62,5	1 401	54,7	4 507	60,0
Clinique Saint-Joseph	76	10,5	91	12,3	57	7,7	224	10,2	451	17,7	508	21,1	784	30,6	1 743	23,2
Clinique Saint-Louis	32	4,4	9	1,2	0	0,0	41	1,9	158	6,2	72	3,0	0	0,0	230	3,1
Clinique Saint-Martin-la-Forêt	8	1,1	6	0,8	0	0,0	14	0,6	12	0,5	8	0,3	0	0,0	20	0,3
Clinique de l'Anjou	0	0,0	24	3,3	83	11,3	107	4,9	0	0,0	90	3,7	289	11,3	379	5,0
Clinique Saint-Léonard	1	0,1	5	0,7	4	0,5	10	0,5	18	0,7	10	0,4	8	0,3	36	0,5
Polyclinique de l'Espérance	39	5,4	26	3,5	0	0,0	65	3,0	180	7,1	136	5,7	0	0,0	316	4,2
Autres établissements	31	4,3	19	2,6	30	4,1	80	3,6	129	5,1	76	3,2	77	3,0	282	3,8
Total hospitalisations	723	100,0	738	100,0	737	100,0	2 198	100,0	2 551	100,0	2 403	100,0	2 559	100,0	7 513	100,0

Sources: Institut de veille sanitaire, Programme de médicalisation des systèmes d'information, 2005-2007.

ANNEXE 6 – ROSES DE POLLUTION MOYENNE EN PARTICULES PM₁₀, UNITÉ URBAINE D'ANGERS, 2005-2007



Source : Air Pays de la Loire

ANNEXE 7 – COEFFICIENTS DE CORRÉLATIONS ENTRE LES STATIONS DE MESURES PAR POLLUANT ET PÉRIODE DE FONCTIONNEMENT, UNITÉ URBAINE D'ANGERS, 2005-2007

Séries de mesure de l'O₃

Périodes	1 ^{er} janvier 2005-3 janvier 2007
Stations	Appentis
Beaux-Arts	0,84

Période	5 janvier 2007-31 décembre 2007
Stations	Montplaisir
Beaux-Arts	0,9

Séries de mesure des PM₁₀

Période	1 ^{er} janvier 2005-30 juin 2005				
Stations	Appentis	Montplaisir	Beaux-Arts	Lac-de-Maine	
Appentis	1				
Montplaisir	0,98	1			
Beaux-Arts	0,98	0,98	1		
Lac-de-Maine	0,98	0,97	0,98	1	

Période	28 février 2006-3 janvier 2007
Stations	Clos-des-Beauvais
Appentis	0,99

Période	5 janvier 2007-31 décembre 2007
Stations	Clos-des-Beauvais
Montplaisir	0,98

ANNEXE 8 – PROPORTION D'HABITANTS PAR COMMUNE ET CODE POSTAL, FACTEUR MULTIPLICATIF APPLIQUÉ AUX DONNÉES DU PMSI, UNITÉ URBAINE D'ANGERS, 2005-2007

Code postal	Commune	Nombre d'habitants	%	Facteur multiplicatif
49 000	Angers	152 337	97,6	0,98
	Écouflant	3 738	2,4	0,02
49 070	Beaucouzé	4 677	54,5	0,55
	Saint-Jean-de-Linières ^a	1 555	18,1	Sans objet
	Saint-Lambert-la-Potherie ^a	2 356	27,4	Sans objet
49 080	Bouchemaine	5 918	100	1
49 124	Saint-Barthélemy-d'Anjou	9 075	80,9	0,81
	Le Plessis-Grammoire ^a	2 142	19,1	Sans objet
49 130	Les Ponts-de-Cé	11 440	73,4	0,73
	Sainte-Gemmes-sur-Loire	3 905	25,1	0,25
	Saint-Jean-de-La-Croix ^a	237	1,5	Sans objet
49 240	Avrillé	12 242	100	1
49 480	Saint-Sylvain-d'Anjou	4 474	100	1
49 610	Juigné-sur-Loire	2 471	19,1	0,19
	Mûrs-Érigné	5 287	40,8	0,41
	Moze-sur-Louet ^a	1 917	14,8	Sans objet
	Soulaines-sur-Aubance ^a	1 193	9,2	Sans objet
	Saint Melaine-sur-Aubance ^a	2 092	16,1	Sans objet
49 800	Trélazé	12 207	57,2	0,57
	Andard ^a	2 414	11,3	Sans objet
	Brain-sur-l'Authion ^a	3 393	15,9	Sans objet
	La Bohalle ^a	1 231	5,8	Sans objet
	La Daguenière ^a	1 285	6	Sans objet
	Sarrigne ^a	802	3,8	Sans objet

Source : Insee, RP2006 exploitation principale.

^a Communes hors unité urbaine d'Angers.

ANNEXE 9 – RÉPARTITION DU NOMBRE MOYEN D'ADMISSIONS HOSPITALIÈRES CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES DE 65 ANS ET PLUS, SELON LE MOTIF D'HOSPITALISATION, LA COMMUNE DE DOMICILE ET LA SAISON TROPIQUE, UNITÉ URBAINE D'ANGERS, 2005-2007

Commune	Saison	Motif respiratoire			Motif cardio-vasculaire		
		Nombre brut	Facteur	Nombre pondéré	Nombre brut	Facteur	Nombre pondéré
Angers	Été	563	0,98	552	2 089	0,98	2 047
	Hiver	742	0,98	727	2 529	0,98	2 478
	Total	1 305	0,98	1 279	4 618	0,98	4 526
Ecouflant	Été	563	0,02	11	2 089	0,02	42
	Hiver	742	0,02	15	2 529	0,02	51
	Total	1 305	0,02	26	4 618	0,02	92
Beaucouzé	Été	11	0,55	6	52	0,55	29
	Hiver	12	0,55	7	62	0,55	34
	Total	23	0,55	13	114	0,55	63
Bouchemaine	Été	23	1	23	86	1	86
	Hiver	32	1	32	101	1	101
	Total	55	1	55	187	1	187
Saint-Barthélemy-d'Anjou	Été	33	0,81	27	114	0,81	92
	Hiver	49	0,81	40	165	0,81	134
	Total	82	0,81	66	279	0,81	226
Les Ponts-de-Cé	Été	79	0,73	58	258	0,73	188
	Hiver	78	0,73	57	299	0,73	218
	Total	157	0,73	115	557	0,73	407
Sainte-Gemmes-sur-Loire	Été	79	0,25	20	258	0,25	65
	Hiver	78	0,25	20	299	0,25	75
	Total	157	0,25	39	557	0,25	139
Avrillé	Été	49	1	49	197	1	197
	Hiver	93	1	93	250	1	250
	Total	142	1	142	447	1	447
Saint-Sylvain-d'Anjou	Été	16	1	16	42	1	42
	Hiver	15	1	15	62	1	62
	Total	31	1	31	104	1	104
Juigné-sur-Loire	Été	35	0,19	7	162	0,19	31
	Hiver	54	0,19	10	165	0,19	31
	Total	89	0,19	17	327	0,19	62
Mûrs-Érigné	Été	35	0,41	14	162	0,41	66
	Hiver	54	0,41	22	165	0,41	68
	Total	89	0,41	36	327	0,41	134
Trélazé	Été	104	0,57	59	282	0,57	161
	Hiver	130	0,57	74	316	0,57	180
	Total	234	0,57	133	598	0,57	341
Unité urbaine Angers	Été	913		841	3 282		3 046
	Hiver	1 205		1 111	3 949		3 682
	Total	2 118		1 953	7 231		6 728

Sources : PMSI, InVS.

Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine

Unité urbaine d'Angers

Impact à court et à long termes

Une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique a été réalisée dans l'unité urbaine d'Angers dans le cadre du Plan régional pour la qualité de l'air des Pays de la Loire qui fixait les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique.

Cette étude a été conduite selon une méthode standardisée proposée par l'InVS qui repose sur l'hypothèse de la causalité de la relation entre pollution atmosphérique et santé. L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à court et à long termes a été estimé en termes de morbidité (admissions hospitalières) et de mortalité anticipée sur la période 2005-2007. La zone d'étude était constituée des 12 communes de l'unité urbaine d'Angers représentant une population totale de 227 771 habitants.

L'impact sanitaire à court terme attribuable à la pollution atmosphérique a été estimé chaque année à 33 décès anticipés tous âges confondus, à 14 admissions hospitalières pour motif respiratoire et 20 admissions hospitalières pour motif cardio-vasculaire chez les adultes de 65 ans et plus.

Une diminution des niveaux de fond journaliers des polluants permettrait d'éviter un tiers des décès et plus de 20 % des hospitalisations dus à la pollution atmosphérique, constituant ainsi la mesure de santé publique la plus efficace. S'agissant de l'impact sanitaire à long terme, une diminution de 5 µg/m³ de la valeur moyenne annuelle des PM₁₀ permettrait d'éviter 32 décès sur la totalité des décès enregistrés annuellement.

Cette étude a fourni un ordre de grandeur des effets sanitaires graves de la pollution atmosphérique qui ont conduit à une hospitalisation ou à un décès. Elle a sous-estimé les effets sanitaires réels car elle n'a pas pris en compte les passages aux urgences ni les pathologies traitées en médecine ambulatoire qui touchent une plus grande partie de la population.

Cette étude a montré que des effets sanitaires apparaissent malgré de faibles niveaux de pollution qui respectent les objectifs de qualité.

En termes de santé publique, la mesure préventive la plus efficace est la réduction quotidienne des niveaux de pollution en réduisant les émissions à la source. L'étude recommande le renforcement de la surveillance des particules, particulièrement les PM_{2,5}.

Mots clés : pollution atmosphérique, impact sanitaire, qualité air, particule atmosphérique, Angers

Assessment of the health impact of urban air pollution

Urban unit of Angers

Impact in the short and long terms

An assessment of the health impact of air pollution was conducted in the urban unit of Angers, under the Regional Plan for Air Quality of the Pays de la Loire region, which set the guidelines for preventing, reducing or weakening the effects of air pollution.

This study was conducted using a standardized method proposed by the French Institute for Public Health Surveillance (InVS), based on the assumption of causality of the relationship between air pollution and health. The health impact of air pollution in the short and long terms was estimated in terms of morbidity (hospital admissions) and premature mortality for 2005-2007. The study area consisted of 12 municipalities of the Angers urban unit, representing a total population of 227,771 inhabitants.

The short-term health impact attributable to air pollution was estimated each year at 33 premature deaths for all ages, 14 hospital admissions for respiratory, and 20 for cardiovascular diseases in adults aged 65 and over.

A decrease in daily background levels of pollutants would prevent one third of deaths and more than 20% of all hospitalizations due to air pollution, thus constituting the most effective public health measure. Regarding the long-term health impact, a decrease of 5 µg/m³ of the annual average value of PM₁₀ would prevent 32 deaths out of all the deaths recorded annually.

This study provided an order of magnitude of the serious health effects of air pollution that led to hospitalization or death. It underestimated the real health effects, as neither emergency visits nor diseases treated in outpatient care that affect a larger portion of the population were taken into account.

This study showed that health effects occur despite low levels of pollution that meet quality objectives.

In terms of public health, the most effective preventive measure is to reduce daily levels of pollution through the reduction of the emissions at the source. The study recommends reinforcing the monitoring of particulate matter, especially PM_{2,5}.

Citation suggérée :

Belchior E. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine – Unité urbaine d'Angers – Impact à court et à long termes. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, octobre 2010, 27 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94 415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

www.invs.sante.fr

ISSN : 1958-9719

ISBN : 978-2-11-099229-1

ISBN-NET : 978-2-11-099447-9

Tirage : 61 exemplaires

Imprimé par France Repro

Réalisé par Diadeis-Paris

Dépôt légal : octobre 2010