



---

**Ingénieur du Génie Sanitaire**

Promotion : **2010 - 2011**

Date du Jury : **octobre 2011**

---

**Extension du programme de surveillance  
Air et Santé : Faisabilité d'une évaluation  
d'impact sanitaire de la pollution  
atmosphérique urbaine en Martinique**

**Lieu de stage:**

**Cire Antilles Guyane**

**Référent professionnel :**

**BLATEAU Alain**

**Référent pédagogique :**

**BODEAU-LIVINEC Florence**

---

**MAHAMOUD YOUSOUF Ayan**

---

# Remerciements

---

Au terme de ce stage, je tiens à exprimer ma reconnaissance à l'ensemble des personnes qui m'ont aidé et aiguillé tout au long de la réalisation de cette étude :

Je tiens à remercier Mr Philippe QUENEL, coordonnateur de la Cire Antilles Guyane, pour sa disponibilité durant mon stage et pour m'avoir accueilli dans son équipe. Je tiens d'ailleurs à remercier les membres de cette équipe pour leur chaleureux accueil, leur gentillesse et leur grande disponibilité à chaque fois que cela fut nécessaire.

J'adresse ma reconnaissance à Mr Alain BLATEAU, mon référent professionnel, pour m'avoir proposé ce stage et qui par sa coopération a permis le bon déroulement de mon stage.

Je tiens également à remercier Mme Florence BODEAU-LIVINEC pour ses conseils et son encadrement.

Enfin, mes remerciements vont tout particulièrement à Magali CORSO (InVS), Mathilde PASCAL (InVS), Carole BOULLANGER (Madininair), Sophie LARRIEU (Cire Océan Indien), Benjamin LARRAS (Cire Océan Indien), Éric BERNARD et Stéphane DUPRE (Météo-France Martinique) pour leur collaboration active à l'étude.

Afin de n'oublier personne, je vous dis un grand merci à tous.

---

# Sommaire

---

|   |    |
|---|----|
| Introduction.....   | 1  |
| 1.1 Cadre réglementaire.....  | 3  |
| 1.1.1 Niveau européen.....  | 3  |
| 1.1.2 Niveau national.....  | 3  |
| 1.2 Démarche d'évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique..... | 4  |
| 1.2.1 Principes généraux.....   | 4  |
| 1.2.2 Intérêts de l'évaluation de l'impact sanitaire.....                       | 6  |
| 1.2.3 Limites et incertitudes.....  | 7  |
| 1.2.4 Pertinence de la démarche et attentes locales.....                        | 7  |
| 1.3 Objectifs du stage.....   | 8  |
| 2 Méthodes.....   | 9  |
| 2.1 Définition de la période d'étude.....                                       | 9  |
| 2.2 Définition de la zone d'étude.....  | 9  |
| 2.3 Estimation de l'exposition à la pollution atmosphérique.....                | 10 |
| 2.3.1 Identification du danger.....   | 10 |
| 2.3.2 Sélection des stations de mesures.....                                    | 13 |
| 2.3.3 Construction des indicateurs d'exposition.....                            | 14 |
| 2.4 Indicateurs sanitaires.....   | 15 |
| 2.4.1 Données de mortalité.....   | 15 |
| 2.4.2 Données de morbidité.....   | 15 |
| 2.5 Relation exposition-risque.....   | 16 |
| 3 Résultats.....  | 16 |
| 3.1 Définition de la période d'étude.....                                       | 16 |
| 3.2 Description de la zone d'étude.....   | 18 |
| 3.2.1 Population et déplacements.....   | 18 |
| 3.2.2 Météorologie et topographie.....  | 21 |
| 3.2.3 Sources de pollution de l'air.....  | 23 |
| 3.3 Surveillance de la qualité de l'air.....                                    | 27 |
| 3.3.1 Réseau de surveillance de la qualité de l'air.....                        | 27 |
| 3.3.2 Caractéristiques globales de la qualité de l'air en Martinique.....       | 30 |
| 3.3.3 Choix des polluants.....  | 32 |
| 3.3.4 Sélection des stations.....   | 33 |
| 3.4 Indicateurs d'exposition.....   | 34 |
| 3.5 Caractérisation du risque.....  | 35 |
| 3.5.1 Indicateurs sanitaires.....   | 35 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.5.2 | Choix des relations exposition-risque .....   | 37 |
| 3.5.3 | Calcul d'EIS, première approche .....         | 39 |
| 4     | Discussion.....                               | 41 |
| 4.1   | Interprétation et limites des résultats ..... | 41 |
| 4.2   | Analyse des incertitudes .....                | 42 |
| 4.2.1 | Exposition .....                              | 42 |
| 4.2.2 | Indicateurs sanitaires .....                  | 44 |
| 4.2.3 | Relations exposition-risque .....             | 44 |
| 4.2.4 | Autres facteurs.....                          | 45 |
|       | Conclusions et perspectives.....              | 46 |
|       | Bibliographie .....                           | 49 |
|       | Liste des tableaux .....                      | 52 |
|       | Liste des figures .....                       | 53 |
|       | Liste des annexes .....                       | I  |

---

## Liste des sigles utilisés

---

Aasqa : Association agréée de surveillance de la qualité de l'air

BDQA : Base de données de la qualité de l'air

CACEM : Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique

CépiDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès

CIM : Classification Internationale des Maladies

Cire : cellule de l'Institut de Veille Sanitaire en région

Citepa : Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique

CO : monoxyde de carbone

COV : composés organiques volatiles

DIM : département d'information médicale

DOM : département d'outre mer

EDF : Électricité de France

EIS : Évaluation d'impact sanitaire

E-R : exposition-risque

FDMS : Filter Dynamics Measurement System

GAM : modèle additif généralisé

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

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

LAURE : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote

NO<sub>x</sub> : oxydes d'azote

O<sub>3</sub> : ozone

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSCoUr: Organisation de la surveillance coordonnée des urgences

PA : pollution atmosphérique

PDU : plan de déplacements urbains

PM<sub>10</sub> : Particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres (µm)

PM<sub>2.5</sub> : Particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 micromètres (µm)

PMSI : programme de médicalisation des systèmes d'information

PPA : plan de protection de l'atmosphère

PSQA : programme de surveillance de la qualité de l'air

PRQA : plan régional pour la qualité de l'air

SARA : Société anonyme de raffinerie des Antilles

SAU : services d'accueil des urgences

SO<sub>2</sub> : dioxyde de soufre

SurSaUD: Surveillance sanitaire des urgences et des décès

TEOM: Tapered Element Oscillating Microbalance

TEP : Tonnes Equivalent Pétrole

UIOM : incinérateur d'ordures ménagères

ZCIT : Zone de Convergence InterTropicale

## Introduction

Le fait de respirer de l'air pur est considéré comme une condition essentielle de la santé et du bien-être de l'homme.

Le lien entre pollution atmosphérique et santé est observé de longue date. Deux exemples historiques, liés à des pollutions industrielles sont ainsi souvent cités : tout d'abord les premières alertes à la pollution dans la vallée de la Meuse (brouillards chargés de composés de soufre) en 1930, puis l'épisode de pollution survenu à Londres en 1952 qui provoqua un excès de 4 000 décès [16].

Depuis, la réglementation a permis une baisse conséquente des niveaux de pollutions observés, conduisant dans les années 1980 la communauté scientifique à penser que le problème était résolu.

Depuis les années 1990, les nouveaux outils de l'épidémiologie ont permis d'établir des relations statistiques entre polluants de l'air aux niveaux observés actuellement et conséquences sanitaires. Les données les plus récentes permettent d'estimer l'impact de la qualité de l'air sur les indicateurs de mortalité et de recours aux soins.

Ainsi, la pollution de l'air continue de faire peser une menace importante sur le plan sanitaire partout dans le monde. En effet, selon l'OMS, elle est à l'origine d'environ deux millions de décès prématurés par an à l'échelle mondiale [1,2], et ce malgré l'adoption de valeurs guides et de normes d'émission plus sévères, une meilleure surveillance de la qualité de l'air et une baisse parfois importante des niveaux de certains types de pollution. En France, le droit de chacun «à respirer un air qui ne nuise pas à la santé» est reconnu par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996. Le décret d'application de cette loi relatif au plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) date du 6 mai 1998, il précise notamment que les PRQA doivent s'appuyer sur un inventaire des sources d'émissions, un bilan de la qualité de l'air ambiant et une évaluation des effets de la pollution atmosphérique sur la santé et sur l'environnement.

C'est dans ce contexte qu'a été mis en place le programme de surveillance Air et Santé (PSAS-9). Ce programme coordonné par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) s'inscrit aussi dans le cadre de la LAURE qui stipule dans son article 3 que « l'Etat assure ... la surveillance de la qualité de l'air et ... de ses effets sur la santé ». Il a été implanté dans 9 villes françaises en 1997 (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse).

L'objectif de ce programme est d'élaborer les relations exposition / risque entre des polluants atmosphérique urbain, la mortalité et la morbidité. La méthodologie mise en œuvre s'appuie sur le principe des études temporelles. La démarche consiste à relier les variations temporelles à court terme (d'un jour à l'autre) d'indicateurs de l'état de santé

d'une population (mortalité, admissions hospitalières) à celles d'indicateurs d'exposition de cette population à la pollution atmosphérique urbaine, afin d'identifier des relations exposition/risque. Ces relations expriment l'augmentation du risque sanitaire en fonction d'une augmentation donnée des concentrations des indicateurs de pollution.

Lorsque l'hypothèse de causalité entre exposition aux polluants et impact sanitaire est acceptée, ce qui est le cas pour les effets à court-terme de l'ozone et des PM<sub>10</sub> sur la mortalité et la morbidité, et des effets à long-terme des PM<sub>2,5</sub> sur la mortalité [18], les relations expositions-risques peuvent permettre d'estimer le nombre d'évènements sanitaires attribuables à cette pollution, ce qui constitue l'objet d'une évaluation de l'impact sanitaire (EIS).

Le PSAS-9 a développé des outils et un guide méthodologique pour la réalisation d'EIS dans les villes françaises.

C'est dans ce cadre que la Cire Antilles-Guyane a proposé d'étudier la faisabilité d'une évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine en Martinique.

Cette étude vise à vérifier les conditions nécessaires à la réalisation d'une EIS sur l'agglomération de Fort de France et, le cas échéant, à en recenser les éventuels obstacles.

## **Contexte**

### **1.1 Cadre réglementaire**

#### **1.1.1 Niveau européen**

Depuis 1980, la qualité de l'air ambiant fait l'objet d'une réglementation communautaire. L'Union Européenne élabore des directives instaurant des valeurs cibles à ne pas dépasser et fixant des objectifs à long terme à respecter.

Les directives fournissent des informations sur la stratégie d'évaluation de la qualité de l'air à mettre en œuvre. Le 27 septembre 1996, a été adoptée la directive cadre 96/62/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air. Elle a étendu la gamme des polluants réglementés, imposé la révision des seuils en vigueur pour les polluants déjà réglementés, et rendu obligatoire la surveillance des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des zones susceptibles de dépasser certaines valeurs limites [3].

Plusieurs directives filles viennent préciser cette directive cadre pour chaque polluant concerné. Elles fournissent des recommandations sur la conception des réseaux de surveillance, les méthodes de mesure, les procédures d'assurance qualité, la modélisation de la pollution et fixent des objectifs à long terme et des valeurs cibles (directives 1999/30/CE (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, particules et plomb), 2000/69/CE (benzène et monoxyde de carbone), 2002/3/CE (ozone), 2004/107/CE (arsenic, cadmium, mercure, nickel, HAP), 2008/50/CE du 21 mai 2008).

#### **1.1.2 Niveau national**

La loi du 2 août 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs est la première loi à prendre en compte la pollution atmosphérique non uniquement d'origine industrielle.

Cette loi a été modifiée et complétée par la loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (dite LAURE) du 30 décembre 1996 [4].

Intégrée dans le Code de l'environnement, la LAURE a rénové le cadre réglementaire national et instauré une nouvelle dynamique dans la gestion de la qualité de l'air. Elle a en particulier placé la préservation de la santé au cœur de ses dispositions, mettant en avant "le droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé". Cette loi impose des objectifs et des obligations en matière de surveillance et d'information. La France est ainsi tenue de mesurer des polluants sur l'ensemble de son territoire et d'informer la



population en cas de dépassement des seuils d'alerte fixés. Elle prévoit aussi la mise en œuvre d'outils de planification tels que les plans de protection de l'atmosphère (PPA), les plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) et les plans de déplacements urbains (PDU).

## **1.2 Démarche d'évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique**

### **1.2.1 Principes généraux**

Dans le cadre de sa mission d'appui aux services de l'Etat et aux professionnels de santé publique, l'InVS a élaboré un guide méthodologique en 1999 [5], actualisé en 2003 [6] puis en 2008 [7]. Ces guides présentent la démarche et la méthodologie de l'EIS afin de faciliter sa mise en œuvre à l'échelle locale. Un document de lignes directrices a également été élaboré par la direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement [13]. Il s'agit d'une méthode de plus en plus utilisée dans le monde et recommandée par l'OMS [14].

L'évaluation d'impact sanitaire découle de la démarche de l'évaluation quantitative des risques comportant quatre grandes étapes : identification des dangers liés à l'exposition à un agent toxique, détermination des relations exposition/risque, estimation des expositions et caractérisation du risque individuel.

Cependant, si l'EIS repose sur les principes généraux d'une évaluation des risques sanitaires, elle en diffère par le recours à des « relations dose-réponse » (ou exposition-risque).

Les évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique visent à quantifier l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé (par exemple le nombre de cas "attribuables") à court et à long terme à partir de relations exposition-risque (E-R) issues des études épidémiologiques, lorsque la nature causale de la relation mise en évidence peut être raisonnablement acceptée [2]. La nature causale de la relation entre mortalité et pollution atmosphérique qui a soulevé de nombreux questionnements est maintenant considérée comme une hypothèse plausible [17,31]. La plupart des éléments d'appréciation de la causalité sont respectés, notamment la constance, la cohérence, la temporalité, l'existence de relations exposition-risque et les interventions [23,30].

De plus, la grande régularité des résultats des différentes études épidémiologiques montre qu'un biais commun à l'ensemble des études est fortement improbable.

Cette hypothèse de causalité rend possible l'utilisation des relations exposition-risque établies par les études épidémiologiques dans le cadre d'évaluations d'impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine.

Ces études permettent d'estimer dans une population donnée le nombre de décès attribuables à la pollution de l'air.

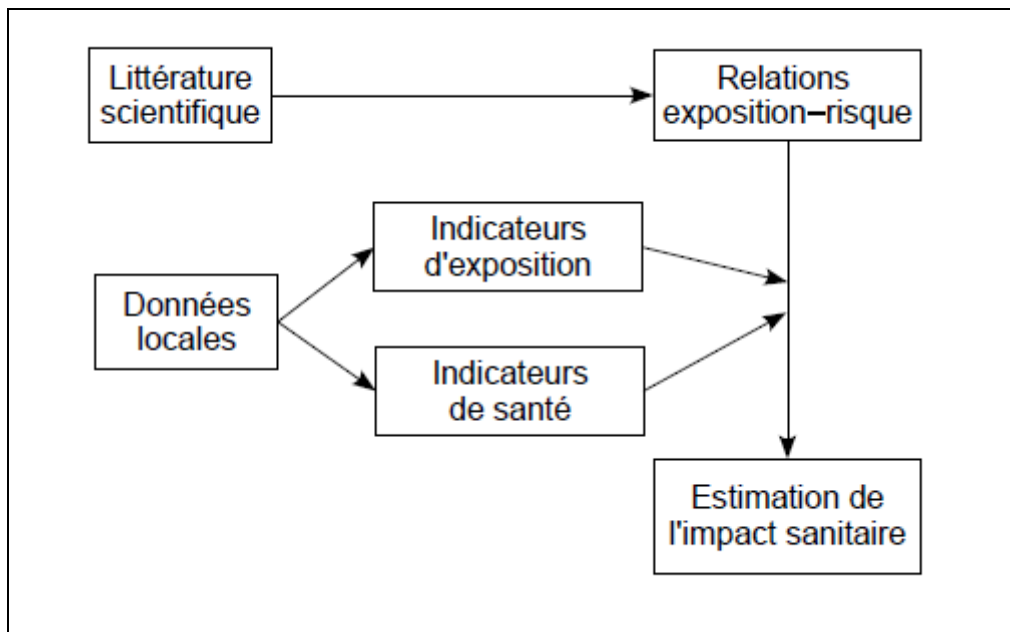
Les différentes études menées en France [32] ou en Europe [33] ont permis de montrer que malgré un risque individuel faible, l'impact sanitaire collectif n'est pas négligeable en termes de santé publique.

.A ce titre, une EIS ne vise donc pas à démontrer l'existence d'un effet de la pollution atmosphérique sur la santé : ceci se fait par des études épidémiologiques, toxicologiques et expérimentales.

Ses résultats constituent un outil de gestion des risques : ils permettent d'apporter aux décideurs des éléments concrets d'information sanitaire, nombre de cas attribuables ou attendus liés à une exposition et ainsi de les éclairer dans les choix politiques de prévention et de réduction des risques devant être mises en œuvre, tant au niveau national que local. Cette démarche permet également de fixer des objectifs de qualité de l'air fondés sur des critères de santé publique notamment dans l'établissement des normes de la qualité de l'air et des valeurs guides.

Pour un niveau d'exposition de la population, pour un indicateur sanitaire et pour une période donnée, l'EIS permet d'estimer le nombre de cas «*attribuables*» aux effets à court terme de la pollution atmosphérique à partir de relations exposition/risque déterminées par des études épidémiologiques (figure 1) [8].

**Figure 1 : Schéma de principe de l'évaluation de l'impact sanitaire**



### 1.2.2 Intérêts de l'évaluation de l'impact sanitaire

La mise en œuvre locale de l'EIS permet d'obtenir des résultats même pour une population peu importante, voire insuffisante pour envisager la mise en place d'une surveillance épidémiologique ou d'enquêtes épidémiologiques.

Elle constitue une démarche transparente et une approche pédagogique. Les résultats présentés sous forme de nombre de cas attribuables sont facilement compréhensibles et permettent la comparaison de différentes stratégies d'amélioration de la qualité de l'air en termes de réduction de risque.

Il s'agit enfin d'une méthode rapide (pas de collecte prospective de données), peu onéreuse (par rapport à la conduite d'investigation de terrain) et facilement reproductible puisque l'on exploite et valorise des données existantes. Ceci constitue un atout précieux dans un contexte décisionnel.

Enfin, la nécessité de construire des indicateurs d'exposition constitue une opportunité pour étudier la pertinence de la configuration actuelle d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air et faire, le cas échéant, des recommandations.

### **1.2.3 Limites et incertitudes**

Cette démarche engendre des incertitudes et intègre certaines limites qu'il est indispensable de prendre en compte, notamment pour juger de sa faisabilité.

D'une part, l'impact global est nécessairement sous-estimé du fait d'un recours à un nombre limité d'effets sanitaires, la mortalité prématurée et la morbidité hospitalière étant quasiment les seuls indicateurs utilisables actuellement.

D'autre part, l'exposition est estimée au niveau de la population et non au niveau individuel, en supposant que chaque jour, tous les individus de la population sont exposés en moyenne aux mêmes niveaux de pollution atmosphérique. L'hypothèse est que les mesures enregistrées par le réseau de surveillance constituent une estimation de la moyenne des expositions individuelles.

En outre, les effets observés servant à l'établissement des relations expositions-risque ne sont pas spécifiques du polluant mesuré. Celui-ci constitue davantage un indicateur du mélange atmosphérique, ce qui limite l'extrapolation de ces courbes à d'autres sites [13].

Enfin, une démarche d'évaluation d'impact sanitaire dans une zone donnée nécessite de recourir à des relations exposition/risque établies « ailleurs » et il convient de s'assurer de la validité de cette transposition.

Au vu de ces incertitudes, il faut donc bien garder à l'esprit le caractère relatif des estimations réalisées par une EIS.

### **1.2.4 Pertinence de la démarche et attentes locales**

Les principales attentes locales de ce travail concernent la pertinence et la reproductibilité de la méthode dans le contexte local.

L'existence d'un réseau de surveillance de la pollution atmosphérique fonctionnel et permanent constitue une réelle opportunité de réalisation d'une EIS dans un contexte non encore exploré et intégrant de nombreuses spécificités.

Dans le cadre de la mise en place du PRQA, inexistant en Martinique, la réalisation d'une telle étude s'inscrirait dans une démarche scientifique qualifiant un impact sanitaire encore méconnu. Les résultats de l'étude, tels qu'ils sont habituellement présentés, pourraient ensuite guider la prise de décision quant à la mise en place éventuelle de mesure de réduction de la pollution ou tout au moins la définition d'objectifs de réduction à moyen et long terme, pour réduire cet impact s'il s'avère important.

### 1.3 Objectifs du stage

Le stage a été effectué au sein de la Cire Antilles Guyane.

Les Cellules de l'InVS en région (Cire) relaient l'action de l'InVS et exercent une partie de ses missions au niveau régional. Elles sont placées sous la responsabilité scientifique de la directrice générale de l'InVS et sont localisées au sein des Agences régionales de santé (ARS) auxquelles elles sont rattachées administrativement. Les Cire fournissent aux ARS un appui méthodologique et une expertise indépendante des signaux d'alerte sanitaire. Elles animent la veille en région.

Le dispositif compte 17 Cire, quinze métropolitaines et deux ultra-marines (Cire Antilles Guyane et Cire océan Indien). Les Cire assurent deux fonctions essentielles :

- une fonction d'épidémiologie d'intervention et d'évaluation quantifiée des risques sanitaires, orientée principalement vers l'aide à la décision et le déclenchement de l'alerte (analyse du signal, évaluation de la situation, proposition d'options de gestion, suivi permettant l'adaptation de la réponse) ;
- une fonction d'animation, de structuration et de coordination du réseau régional de veille sanitaire, dans le prolongement de l'action de l'InVS et dans le cadre des plans régionaux relatifs à l'alerte et à la gestion des situations d'urgence sanitaire (loi n° 2004-806 du 9 août 2004) [35].

La plupart des Cire apportent un appui méthodologique aux études régionales sur la qualité de l'air dans le cadre des Plans régionaux de la qualité de l'air.

Ainsi, la Cire Antilles Guyane a proposé un sujet de mémoire concernant la faisabilité de la mise en œuvre de la méthode d'EIS en Martinique.

Les objectifs opérationnels dans ce travail sont :

- définition d'une zone d'étude et d'une population d'étude qui correspondent aux critères de la méthodologie en respectant les spécificités locales de l'urbanisation ;
- analyse de la disponibilité et la pertinence des données de qualité de l'air et des données sanitaires ;
- recherche de relations exposition/risque adaptées au contexte local, analyse de ces relations ;
- calcul d'EIS en « première approche » et analyse des incertitudes ;
- conclusions préliminaires et recommandations quant à la faisabilité d'une telle étude en Martinique

## 2 Méthodes

L'InVS a formalisé la démarche d'évaluation de l'impact sanitaire au travers d'un guide méthodologique actualisé en 2008 fondé sur le guide de l'OMS pour la réalisation d'une EIS [7].

Les différentes étapes de la démarche sont les suivantes :

- définition de la période d'étude ;
- détermination de la zone d'étude ;
- construction des indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique à partir des données de la qualité de l'air recueillies auprès de l'Aasqa ;
- construction des indicateurs sanitaires à partir des données sanitaires ;
- calcul du nombre d'évènements attribuables à la pollution atmosphérique (PA) urbaine pour une variation donnée du niveau de pollution, à partir des relations exposition-risque choisies par l'InVS.

### 2.1 Définition de la période d'étude

Le choix de la période d'étude se fait en fonction de la disponibilité des données sanitaires et des données de pollution en prenant, une période commune aux deux séries de données.

De même, il est conseillé de ne pas utiliser les données des années comportant des événements climatiques et/ou sanitaires exceptionnels.

### 2.2 Définition de la zone d'étude

D'une manière générale, la détermination du domaine d'étude dans une EIS repose sur l'analyse de plusieurs critères détaillés ci-dessous. Tout d'abord, le niveau de résolution le plus fin pour la définition de cette zone est l'échelon communal. En effet, le recueil des données sanitaires ne peut se faire à une échelle plus fine.

Les critères de sélection des communes sont les suivants :

- géographiques et topographiques : il est nécessaire d'identifier une zone sans rupture d'urbanisation afin de satisfaire au mieux l'hypothèse d'une qualité d'air ambiant homogène ;

- météorologiques : prise en compte des paramètres pouvant influencer sur la dispersion des polluants (vents dominants en particulier) ;
- démographiques : vérification que la population séjourne bien la majeure partie de son temps dans la zone d'étude. On recense pour cela les déplacements de population et en particulier les navettes domicile-travail obtenues à l'INSEE.

A l'issue de cette première étape, est donc identifiée une zone sans rupture d'urbanisation où la majorité de la population séjourne en permanence et où la qualité de l'air et la répartition des immissions peuvent être considérées, à priori, comme homogènes.

## **2.3 Estimation de l'exposition à la pollution atmosphérique**

La quantification de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique passe par l'analyse des mesures de polluants réalisées par la ou les Aasqa de la zone d'étude sélectionnée.

### **2.3.1 Identification du danger**

#### **A) Effets à court terme et long terme de la pollution atmosphérique**

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique urbaine ont été mis en évidence par des études épidémiologiques. Ils sont cohérents avec les travaux toxicologiques, même si l'ensemble des phénomènes physiopathologiques n'est pas encore expliqué.

Les effets sont classés en deux groupes :

- Les effets à court terme qui sont les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique ;
- Les effets à long terme qui peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et qui peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie. L'exposition à long terme aux particules fines conduit à un risque accru de cancer du poumon et à une augmentation du risque de décès toutes causes et plus spécifiquement par maladies cardio-respiratoires [37].

## B) Rappels sur les principaux polluants

La méthodologie de l'EIS nécessite de recourir à des mesures de fond en routine sur des périodes importantes, c'est-à-dire nécessairement relatives aux polluants pris en compte par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, visés par la réglementation.

Pour les NO<sub>x</sub>, les principales sources d'émission sont les transports, l'industrie, l'agriculture et la transformation d'énergie. La combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air conduit à des composés de formules chimiques diverses regroupés sous le terme NO<sub>x</sub>. Régulièrement mesurés, le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> sont émis lors des phénomènes de combustion. Le NO<sub>2</sub> est issu de l'oxydation du NO. Le NO<sub>2</sub> est également retrouvé à l'intérieur des locaux où fonctionnent des appareils à gaz tels que gazinières, chauffe-eaux...

Le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant des bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Le SO<sub>2</sub> est émis lors de la combustion des matières fossiles (charbon, fuel, gazole). Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les unités de chauffage individuel et collectif. La part des transports (diesel) baisse avec la suppression progressive du soufre dans les carburants. Depuis une quinzaine d'années, les émissions d'origine industrielle de SO<sub>2</sub> sont en forte baisse, du fait des mesures techniques et réglementaires qui ont été prises, de la diminution de la consommation des fiouls et charbons fortement soufrés et de l'importance prise par l'énergie nucléaire.

Le SO<sub>2</sub> est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme.

Les particules ou poussières en suspension liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de la combustion des matières fossiles, du transport automobile (gaz d'échappement, usure, frottements, etc.) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, etc.). Leur taille et leur composition sont très variables. Les particules sont souvent associées à d'autres polluants tels le SO<sub>2</sub>, les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)... A noter que les poussières peuvent être également liées à des événements naturels. En Martinique, les brumes de sable sahariennes sont une des principales sources d'émission.



Les PM10 représentent la catégorie de particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres. Les PM2,5 ou très fines particules, ont un diamètre inférieur à 2,5 micromètres.

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes.

L'ozone est un constituant normal de l'air mais il est aussi formé en tant que polluant secondaire dans l'atmosphère à partir des composés organiques volatils et des oxydes d'azote, sous l'effet du rayonnement solaire, selon une série complexe de réactions.

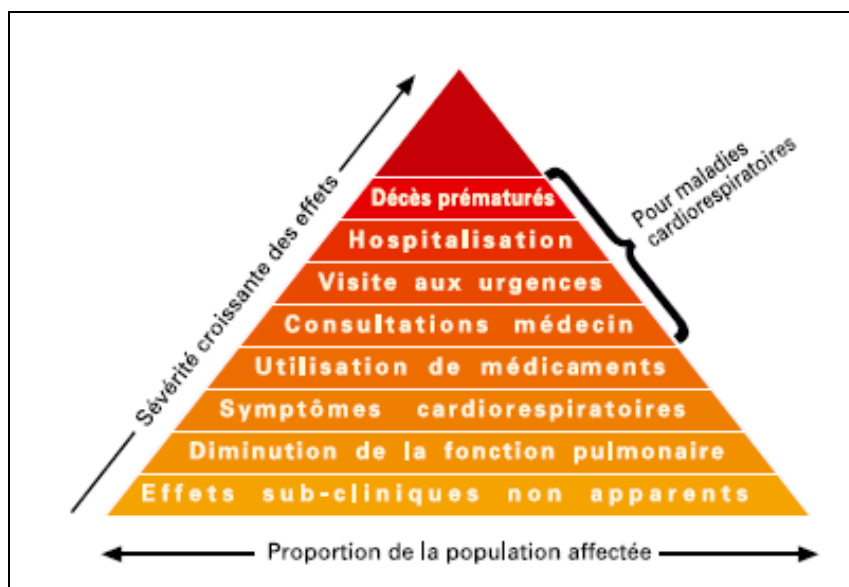
Sa concentration a tendance à être moins importante dans les centres-villes que dans les banlieues, essentiellement du fait de sa destruction par l'oxyde nitrique issu du trafic.

L'O3 est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires. Ses effets sont très variables selon les individus.

### C) Pyramide des effets sanitaires

La pollution atmosphérique peut affecter l'appareil respiratoire et l'appareil cardiovasculaire. L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique ne se limite pas aux événements graves que sont les hospitalisations et les décès. D'autres symptômes ou pathologies tels que les crises d'asthme ou les irritations oculaires et respiratoires peuvent survenir suite à la présence de polluants. Ces effets sur la santé peuvent être représentés par une pyramide [38], constituée à la base par divers effets modérés et courants et dans le haut, par des événements plus sévères et plus rares. On voit bien que plus la gravité des effets diminue, plus le nombre de gens touchés augmente (figure 2).

**Figure 2 : Pyramide des effets aigus associés à la pollution atmosphérique, Direction de la santé publique de Montréal (2003)**



### 2.3.2 Sélection des stations de mesures

En général, seules les stations de fond urbaines et périurbaines sont présélectionnées.

Les stations éligibles doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- un fonctionnement sans interruption de longue durée (supérieure à 15 jours) pendant la période retenue ;
- un chevauchement de l'étendue des interquartiles (c'est-à-dire que le 25e percentile de la distribution des niveaux journaliers mesurés par une station doit être inférieur au 75e percentile de la distribution des niveaux journaliers mesurés par une autre)
- une différence entre les moyennes n'excédant pas 15 µg/m<sup>3</sup>;
- un coefficient de corrélation supérieur ou égal à 0,6 entre les séries des niveaux journaliers mesurés par deux stations différentes.

Seules les mesures validées par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) et respectant la règle des 75 % (c'est-à-dire 75 % des valeurs horaires présentes pour une journée sinon la mesure journalière est considérée comme manquante) seront considérées.

### 2.3.3 Construction des indicateurs d'exposition

En France, les particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) sont mesurées à l'aide de Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM). Ces méthodes diffèrent de la méthode de référence préconisée dans la directive européenne et peuvent entraîner une évaporation de la fraction volatile des particules lors du chauffage de l'appareil à 50 °C, et donc une sous-évaluation éventuelle de la masse des particules par rapport à la méthode de référence gravimétrique. C'est pourquoi depuis janvier 2007, les Aasqa doivent fournir des mesures de particules corrigées pour être en accord avec la méthode de référence. Chaque Aasqa dispose donc, depuis cette date, d'une ou plusieurs stations de mesure des particules équipées en parallèle de deux analyseurs TEOM, l'un équipé d'un module FDMS (Filter Dynamics Measurement System) qui permet de prendre en compte la fraction volatile des particules, et l'autre pas.

L'exposition aux particules dans les études épidémiologiques ayant fourni les relations E-R retenues pour réaliser l'EIS court terme est estimée à partir de mesures de particules réalisées par TEOM non corrigées, il faut donc utiliser des données de particules non corrigées pour construire l'indicateur d'exposition pour l'EIS court terme.

L'exposition aux particules dans les études épidémiologiques ayant fourni les relations E-R retenues pour réaliser l'EIS long terme est estimée à partir de mesures de particules réalisées par gravimétrie ou à partir de mesures corrigées, il faut donc utiliser des données de particules corrigées pour construire l'indicateur d'exposition.

En Martinique, aucune différence significative n'a été observée entre les données corrigées et celles non corrigées. En effet, Il n'existe donc pas de facteur de correction. On utilisera des données non corrigées dans les deux cas.

L'indicateur d'exposition est construit à partir de la moyenne arithmétique des valeurs journalières mesurées par les stations urbaines (de fond) sélectionnées précédemment. Au préalable, les valeurs manquantes pour chaque station sont remplacées soit par la méthode des moyennes saisonnières pour les durées inférieures à 15 jours soit par la méthode de régression pour les durées supérieures à 15 jours. Cette étape ainsi que la construction de l'indicateur d'exposition peuvent être réalisées à l'aide de l'outil Epi-expo téléchargeable sur le site de l'InVS.

Pour l'ozone, l'indicateur d'exposition correspond à la moyenne journalière des maxima des moyennes glissantes sur 8 heures construites à partir des valeurs horaires mesurées par les stations sélectionnées précédemment. Les maxima des moyennes glissantes sur 8 heures peuvent être construits à partir de la feuille de calcul Excel® MoyMob téléchargeable sur le site de l'InVS et cela avant de procéder au remplacement des données manquantes et à la construction de l'indicateur.

## **2.4 Indicateurs sanitaires**

### **2.4.1 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) qui en assure le traitement préalable. Ces 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 correspondent 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.

### **2.4.2 Données de morbidité**

Les données d'admissions hospitalières peuvent être recueillies auprès de l'Agence régionale de santé (ARS) mais du fait des modalités de codage des données hospitalières, il est recommandé de les recueillir directement auprès des Départements d'Information Médicale (DIM) des hôpitaux.

Ces données seront recueillies par analyse rétrospective des informations fournies par le PMSI.

Le diagnostic d'admission constituerait l'item le plus adapté pour caractériser les effets de la pollution atmosphérique sur l'activité hospitalière. On essaie de l'approcher au mieux en utilisant le diagnostic principal du 1er résumé d'unité médicale, disponible au DIM de l'établissement de soins.

Les données d'admissions pour morbidité respiratoire et cardiovasculaire seront extraites du chapitre I de la CIM10 pour les pathologies cardio-vasculaires et du chapitre J pour les atteintes respiratoires. Ces pathologies sont celles pour lesquelles des relations E-R existent dans la littérature internationale.

Après contact avec le praticien responsable du DIM, une procédure d'extraction des données PMSI peut être mise en place avec l'utilisation du logiciel Epi-PMSI (service des systèmes d'information de l'InVS) développé dans le cadre du PSAS9. Il permet d'extraire de façon anonymisée les données du PMSI.

Le Centre Hospitalier Universitaire de Fort de France et le Centre Hospitalier du Lamentin constituent les principaux pôles de l'offre de soins sur la zone d'étude mais aussi sur tout le département. Il faut donc exclure tous les patients ne résidant pas ou ne travaillant pas

dans la zone d'étude (transfert d'un patient d'un établissement à un autre par exemple) à partir des codes postaux des communes afin de ne pas surestimer les effectifs des indicateurs construits. Il est primordial, en effet, que les patients hospitalisés aient été exposés à la pollution atmosphérique rencontrée dans la zone d'étude.

Au vu de la durée du stage et de par l'expérience acquise en ce domaine dans le cadre d'autres études réalisées par la Cire, ce travail aurait nécessité beaucoup plus de temps. C'est pourquoi dans cette étude, nous n'évaluerons que le recueil des données de morbidité.

## **2.5 Relation exposition-risque**

Dans le cadre de l'évaluation d'impact sanitaire, le choix des relations exposition-risque est primordial.

Il s'agit de caractériser le lien entre l'exposition et la probabilité de survenue du danger à cette exposition, dans un contexte donné. Idéalement, il faut disposer de relations établies au sein de la population d'étude mais en pratique ces relations sont rarement disponibles au niveau local. Il faut donc avoir recours à des modèles établis par des études réalisées au sein de populations comparables, dans des endroits comparables. Il s'agit d'un point clé de l'étude de faisabilité.

Des recherches bibliographiques ont donc été menées pour apporter des éléments de réflexion quant à l'adaptabilité de la méthodologie EIS au contexte martiniquais et pour prendre connaissance de relations exposition/risque mises en œuvre à travers le monde dans des contextes similaires.

## **3 Résultats**

### **3.1 Définition de la période d'étude**

Les données relatives à la qualité de l'air sont enregistrées depuis 2000 par Madinair et peuvent être disponibles pour des périodes très récentes. Néanmoins, la plupart des stations ayant été implantées en 2003 et puisqu'il est souhaitable de travailler sur une même période d'étude pour l'ensemble des polluants, nous n'avons pas exploité les données antérieures à 2003.

Les données de mortalité qui nécessitent la validation de l'Inserm ne sont actuellement disponibles que jusqu'en 2008. Les données de morbidité hospitalière ne sont pas disponibles avant 2002.

Au regard de ces constats, une période commune pendant laquelle toutes les données étaient disponibles a pu être définie. Il s'agit de la période 2003-2008.

Les données météorologiques de la période 2003-2008 ont été comparées aux 30 années antérieures (1973-2003) pour la station météorologique de référence située à l'Aéroport international Aimé Césaire. Cela permet de vérifier que les années retenues ne sont pas des années particulières. Pour les vents forts, on ne dispose de données complètes que depuis 1995. Entre 1995 et 2003, on ne relève aucun jour avec un vent de 16 m/s ou plus. En revanche, notre période d'étude contient une seule journée avec un vent de 30m/s. Les moyennes annuelles sur les deux périodes sont décrites dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Comparaison des paramètres météorologiques de la période 2003-2008 à ceux de la période 1973-2003, Météo-France**

|          |           | nombre de jours            |                                       |   |
|----------|-----------|----------------------------|---------------------------------------|---|
|          |           | températures moyennes (°C) | avec précipitations (≥1mm) (en jours) | durée moyenne de l'insolation (en heures) |
| Aéroport | 2003-2008 | 27                         | 208                                   | 2384                                      |
| Lamentin | 1973-2003 | 26                         | 207                                   | 2733                                      |

Il apparaît que la période d'étude choisie est dans la moyenne pour tous les paramètres sauf pour l'insolation pour laquelle on relève moins d'heures d'insolation que la moyenne. Bien que la période d'étude soit satisfaisante d'un point de vue météorologique, celle-ci englobe l'occurrence du cyclone DEAN en 2007. Hormis une période d'indisponibilité, ce phénomène ne semble pas avoir affecté le réseau de surveillance de la qualité de l'air (annexe 3) et ne constitue qu'un événement ponctuel, à l'échelle d'une année, n'ayant que peu d'impact sur les valeurs moyennes. Cependant, l'année 2008, bien qu'elle ait été prise en compte dans l'étude, a été une année particulièrement pluvieuse. Il en résulte une dispersion plus importante des polluants et une baisse des niveaux moyens de pollution particulièrement pour les PM<sub>10</sub>. De ce fait, une analyse de sensibilité a été réalisée afin de voir si ce paramètre a pu influencer l'impact sanitaire.

## 3.2 Description de la zone d'étude

### 3.2.1 Population et déplacements

#### A) Population

Les données de l'INSEE de 2007 (dernier recensement de la population) ont été utilisées afin d'estimer la population exposée sur la zone.

L'agglomération foyalaïse, située sur la côte Ouest de la Martinique, comporte 4 communes représentant une population totale de 170691 habitants : Fort de France, Lamentin, Schœlcher et Saint-Joseph. L'ensemble de ces communes constitue un des trois établissements publics de coopération intercommunale en Martinique, la CACEM (Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique). La ville de Fort de France est le chef-lieu du département de la Martinique et représente 60% de la population de la zone d'étude.

Cependant, la zone retenue pour l'étude ne couvre pas l'ensemble des 4 communes de la CACEM car toutes ne remplissent pas les critères de sélection à sa réalisation. La ville de Saint-Joseph a donc été exclue de l'étude pour plusieurs raisons :

- aucune station de mesure de la qualité de l'air n'y est implantée;
- il s'agit d'une commune avec des activités essentiellement agricoles et ne possédant pas de zone d'attractivité particulière (commerces, zone artisanale, etc...);
- Saint-Joseph dispose d'un relief plus montagneux avec probablement de nombreux microclimats.

Au final, la zone ainsi délimitée et comprenant les communes de Fort de France, le Lamentin et Schoelcher (figure 3) englobe 38% de la population totale de la Martinique soit 150746 habitants. La densité de la population sur cette zone est de 1187 hab/km<sup>2</sup> pour une superficie totale de 127 km<sup>2</sup> avec une part importante de la population âgée de moins de 75 ans (94%) (tableau 2). Et si la population de l'île est toujours plus jeune que celle de Métropole, l'écart se réduit. La Martinique «vieillit». En sept ans, la part des jeunes de moins de vingt ans s'est contractée de 1,3 point tandis que celle des aînés de plus de soixante a crû de presque deux points. Ces rythmes d'évolution sont plus forts que ceux de Métropole [36].

**Tableau 2 : Population de la zone d'étude, recensement de population 2007, INSEE**

| <b>Nom</b>            | <b>Code Insee</b> | <b>Population<br/>Totale</b> | <b>Population &lt; 75<br/>ans</b> | <b>Population ≥ 75<br/>ans</b> |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Fort de France</b> | 972 09            | 89 794                       | 83187                             | 6607                           |
| <b>Lamentin</b>       | 972 13            | 39 442                       | 37674                             | 1768                           |
| <b>Schœlcher</b>      | 972 29            | 21 510                       | 20242                             | 1268                           |





En conclusion, la très grande majorité des personnes résidentes (88%) ne quitte pas le périmètre d'étude pour travailler et est donc exposée la plupart du temps à la qualité de l'air de la zone.

Les navettes domicile-travail par commune sont présentées dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Navettes domicile-travail par commune, recensement de la population complémentaire 2007, INSEE**

| Commune de la zone d'étude   | Nombre d'actifs avec emploi | Actifs travaillant dans la commune de résidence |    | Actifs travaillant dans une autre commune de la zone |    | Actifs quittant la zone d'étude pour travailler |    |
|------------------------------|-----------------------------|---|----|--|----|---|----|
|                              |                             | n   | %  | n  | %  | n   | %  |
| <b>Fort de France</b>        | 30349                       | 20566   | 68 | 6483   | 21 | 3300  | 11 |
| <b>Lamentin</b>              | 14782                       | 7154  | 48 | 5271   | 36 | 2357  | 16 |
| <b>Schoelcher</b>            | 8765                        | 2464  | 28 | 5473   | 62 | 828   | 9  |
| <b>Ensemble zone d'étude</b> | 53896                       | 30184   | 56 | 17227  | 32 | 6485  | 12 |

### 3.2.2 Météorologie et topographie

#### A) Météorologie

Département français depuis 1946, la Martinique se situe dans l'archipel des Caraïbes à 7 000 km de la France métropolitaine. Elle couvre une superficie de 1 128 km<sup>2</sup>. Elle présente un relief volcanique et montagneux notamment avec la Montagne Pelée, haut lieu historique et sommet de l'île (1 397 m) [9].

Elle est divisée en quatre arrondissements : Fort-de-France, le Marin, la Trinité et Saint-Pierre. Elle compte 34 communes et depuis l'application du décret du 30 janvier 1985, et 45 cantons. La Martinique est la plus petite région du territoire français par sa superficie et la plus dense en peuplement, après l'Île-de-France.

La Martinique bénéficie d'un climat tropical humide adouci par les alizés, d'Est dominant. Les conditions climatiques sont directement commandées par les positions respectives de l'anticyclone des Açores, qui dirige l'alizé d'Est à Nord-est, et de la Zone de Convergence InterTropicale (ZCIT). Cette zone dépressionnaire suit avec un retard d'un mois ou deux le balancement saisonnier du soleil. La température oscille entre 20 et 32°C. Deux saisons s'y succèdent : une saison sèche de janvier à mai (le carême), et une saison humide de juin à décembre (l'hivernage). Les cyclones se manifestent de début juillet à fin

octobre. Moins violente, la tempête tropicale peut néanmoins occasionner des dégâts. Les précipitations, en moyenne quatre fois plus importantes pendant l'hivernage, engendrent des crues abondantes et courtes.

Du fait de son relief, la Martinique est divisée en deux zones climatiques par un axe le Lamentin - Trinité. Le Sud, peu accidenté, est très ensoleillé et relativement sec ; le Nord montagneux, est pluvieux, exceptée une bande côtière sous le vent [9].

Dans la zone d'étude, les stations de Desaix (Fort de France) et de l'aéroport (Lamentin) sont les plus complètes en termes de paramètres mesurés. La station de Desaix est une station urbaine dont les paramètres fluctuent en fonction des activités de la population. Alors que la station de l'aéroport du Lamentin est plus rurale. Bien que les deux stations soient bien corrélées, cette dernière a été retenue dans l'étude suite aux conseils des responsables de Météo-France locale.

Dans la période de 2003 à 2008, la température moyenne était de 27°C avec un maximum de 35°C et un minimum de 17°C. En moyenne, les précipitations annuelles atteignent 2127 mm. Sur la période, un maximum de 216 jours avec des précipitations supérieures ou égales à 1 mm d'étude a été observé. La durée moyenne annuelle d'insolation est de 2384 heures (moyenne observée sur la période d'étude) et une humidité moyenne de 76%.

La station météorologique de l'aéroport du Lamentin indique que les vents dominants sont de secteur Est (annexe 1). Sur cette même période, 10% des vents sont supérieurs à 7 m/s et 38% sont compris entre 1,5 et 4,5 m/s. Avec 36% des vents ayant une vitesse comprise entre 4,5 et 7 m/s, l'intensité des vents est propice à la dispersion des polluants.

## B) Topographie

### **Fort de France**

Cette commune, à la forme d'un long triangle, est creusée par de profondes vallées perpendiculaires. Le relief d'abord très chahuté et pentu au nord (annexe 2), descend en pente plus faible jusqu'au littoral, ce qui n'exclut pas jusque dans la zone proche de la mer des secteurs au relief très marqué.

### **Schœlcher**

On note d'importantes zones boisées qui couvrent le Nord de la commune, ainsi qu'un dénivelé relativement prononcé entre le sud et le nord de la commune (annexe 2). Le relief est relativement comparable à celui de Fort de France et est constitué d'une plaine au sud. Une bonne part du « poids urbain » de la commune se concentre sur cette plaine

et en limite de Fort de France créant une véritable continuité urbaine de part et d'autre de la limite communale.

### **Lamentin**

On relève dans cette commune de nombreuses zones vertes surtout à l'Est.

L'urbanisation y est relativement plus dispersée qu'à Schoelcher et Fort de France.

La continuité urbaine est beaucoup moins flagrante qu'à Schoelcher mais bien présente du fait notamment des zones d'activités bordant l'autoroute.

Contrairement aux deux autres communes, il n'existe pas de différence topographique notable (annexe 2). La commune du Lamentin est une vaste plaine dont seules les limites Est présentent un relief plus marqué.

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

### **3.2.3 Sources de pollution de l'air**

#### **A) Les émissions industrielles**

La Martinique compte de nombreuses installations classées dont 7 SEVESO sur un territoire de petite taille.

Les martiniquais sont des importants consommateurs d'énergie avec plus de 545 000 TEP (Tonnes Equivalent Pétrole) par an. La production d'électricité en Martinique provient en grand majorité de 2 centrales thermiques implantées sur le territoire dont une implantée dans la zone d'étude (centrale EDF Pointe des carrières). De plus, ces centrales font parties des plus gros émetteurs français.

La SARA raffine le pétrole en vue de fournir en butane et propane, en essence sans plomb et gazole, en kérosène, en pétrole lampant et en fuel pour la production d'électricité.

La gestion des déchets en milieu insulaire oblige la présence d'un incinérateur d'ordures ménagères. L'UIOM de la Trompeuse a été mis en place en 2002.

Plusieurs carrières et notamment les carrières de Saint-Pierre sont des sources de poussières importantes, à l'origine de plaintes des riverains.

La Martinique compte également une dizaine de distilleries qui utilisent comme combustible de la bagasse, résidu fibreux de la canne à sucre [10].

Le Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique (Citepa) a réalisé en 2007 un rapport sur les émissions de polluants atmosphériques en estimant les proportions attribuables aux différentes sources de pollution [11]. Il n'apporte néanmoins aucune information sur la spatialisation des résultats.

L'inventaire montre que les émissions de  $\text{NO}_x$ , de  $\text{PM}_{10}$  et de  $\text{PM}_{2,5}$  sont principalement imputables à la transformation d'énergie notamment à la production d'électricité avec respectivement 80%, 39% et 41%. Ces émissions proviennent de la combustion, en grande majorité, sur les sites des centrales EDF. Le site de raffinage SARA situé au Lamentin est également responsable d'émissions de particules (4% pour les  $\text{PM}_{10}$  et 6% pour les  $\text{PM}_{2,5}$ ) aux niveaux des torchères et des équipements thermiques (chaudières, fours, etc.).

Cependant, ces industries sont implantées stratégiquement sur le territoire, sur la côte caraïbe. Avec des vents principalement d'est, cette orientation conduit la majorité des rejets vers la mer.

## B) Le trafic routier

La Martinique est un petit territoire qui n'offre pas de grande possibilité d'aménagement du territoire. Ses activités sont regroupées dans les communes du centre de la Martinique avec plus de 70% des emplois. Ce contexte économique offre, tous les jours, un flux migratoire vers le centre très important, qui est à l'origine de l'encombrement du réseau routier. De plus, à l'heure actuelle, l'organisation des transports en commun ne permet pas de décharger les voies principales de circulation.

L'essentiel du trafic routier en Martinique se situe sur les axes principaux : l'autoroute A1 et les routes nationales RN1, RN2 et RN5. Le trafic, sur ces axes, se concentre dans les communes du centre de la Martinique [10].

La saturation du réseau routier provient notamment du flux travail-domicile des actifs martiniquais. Pour effectuer ses déplacements, l'utilisation des automobiles est prépondérante (en moyenne 67%) au détriment des transports en commun (14%).

Enfin, on observe une polarisation des déplacements de type « pendulaire » entre Fort de France et le Lamentin et entre Fort de France et Schoelcher (50 000 déplacements par jour dans les deux cas). D'après l'inventaire, pour les  $\text{NO}_x$ , les  $\text{PM}_{10}$  et les  $\text{PM}_{2,5}$ , le transport routier est le deuxième contributeur avec respectivement 16 %, 25 % et 22 % des émissions.

Ces émissions sont majoritairement dues à la combustion dans les moteurs des poids lourds diesel et des véhicules particuliers et utilitaires (diesel et essence) pour les  $\text{NO}_x$  et

principalement à l'abrasion des pièces d'usure (freins, pneus) ainsi qu'à l'usure des routes pour les particules [11].

C) Autres sources

a) *Brumes de sables*

Les alizés relativement constants tout au long de l'année sont favorables à la dispersion des polluants. Ils sont, toutefois, principalement durant la période de Carême, à l'origine d'une quantité élevée de poussières fines dans l'air de la Martinique. En effet, ces alizés véhiculent les brumes de sables du Sahara (figure 4) jusqu'à notre île, considérées comme de la pollution transfrontalière longue distance.

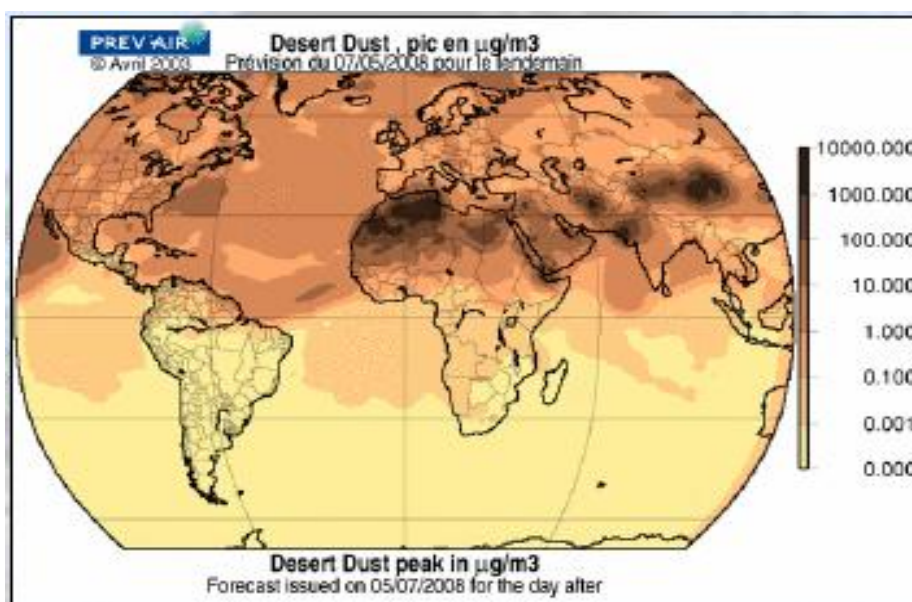
Les aérosols désertiques qui arrivent de Mai à Septembre sur la Martinique sont originaires des régions sahariennes. Ces aérosols sont transportés sur de très longues distances au dessus de l'Atlantique et leur présence affecte le climat des îles de la région Caraïbe. Ce sont principalement des particules solides d'origine minérale (argiles, limons, sables) et organiques (fragments de végétaux et pollens). Elles ont des tailles moyennes comprises entre 2 et 6 $\mu$ m.

Les poussières sont produites par l'érosion du sol. Elles sont ensuite soulevées par les masses d'air. Il se forme une couche de mélange profonde (au sein de laquelle les particules les plus fines se retrouvent en altitude et celles de plus gros diamètre s'affaissent par gravitation).

Au niveau des côtes africaines, cette couche poursuit sa progression vers l'Ouest en passant au dessus de l'alizé marin plus froid que l'air qui a amené la couche. Cela donne lieu à la formation d'une couche d'air saharien, délimitée par deux inversions de température, la première à 1km d'altitude et la seconde à 5km environ.

Du fait de la présence permanente de l'Alizé au dessus de l'Atlantique nord tropical, le transport de poussières africaines au sein de la SAL s'effectue à haute altitude selon une stratification maintenue constante par le contraste thermique entre les deux couches superposées [10].

**Figure 4 : Phénomène de brumes de sables, Madinainair**



L'enjeu des brumes de sable sahariennes est important pour le territoire de la Martinique. En effet, les niveaux de concentrations atteints sont élevés et l'incidence sur la santé est incontestable. Des études sanitaires tendent à montrer un impact chiffré sur l'asthme, notamment lors des épisodes de pics.

De plus, ces épisodes de pics semblent devenir plus nombreux avec le temps, de plus grande intensité et surtout sur des plages de temps plus diversifiées, parfois même hors des périodes de carême.

*b) Eruptions volcaniques*

Rappelons que la Montagne Pelée est l'un des neuf volcans actifs de l'arc des Petites Antilles qui résulte de la subduction de la plaque atlantique sous la plaque caraïbe.

Les éruptions sont relativement peu fréquentes et gardent un caractère très inhabituel en raison du faible taux de subduction de la plaque atlantique sous la plaque caraïbe. En revanche, elles sont très violentes et destructrices (éruptions du 8 mai 1902 et de 1929). Elles sont donc susceptibles de provoquer d'importantes pollutions naturelles de l'atmosphère par les gaz ou les poussières.

De plus, la Martinique peut être impactée par les cendres du volcan de Montserrat, situé à environ 250 kilomètres de l'île. Ce fut le cas en février 2010, mais les premiers éléments quantitatifs, fournis par Madinainair ne montraient pas d'élévation significative des concentrations en  $PM_{2,5}$  (particules les plus fines, susceptibles d'entraîner le plus d'effets sanitaires), en  $PM_{10}$  et en  $SO_2$  [19]. Seuls des dépôts de cendres volcaniques ont été

observés, sur quasiment tout le département mais à des niveaux bien moindres que ceux observés en Guadeloupe, située seulement à 70 km au nord ouest de Montserrat.

Au final, bien que le transport routier constitue une source non négligeable de pollution anthropique en Martinique, la principale source de pollution est la transformation d'énergie (tableau 4).

**Tableau 4 : Principales sources de pollution de l'air, 2007 (en tonnes), Citepa**

| Polluant                | Routier | Transformation   |                          | Autres sources<br>(autres moyens de transport que la route, l'incinération des déchets ...) |
|-------------------------|---------|--|--------------------------|---|
|                         |         | d'énergie (production d'électricité, raffinage de pétrole) | Industrie manufacturière |   |
| <b>NO<sub>x</sub></b>   | 3518    | 17452  | 195                      | 114   |
| <b>PM<sub>10</sub></b>  | 187     | 330  | 164                      | 6,5   |
| <b>PM<sub>2,5</sub></b> | 113     | 237  | 124                      | 4,2   |

### 3.3 Surveillance de la qualité de l'air

#### 3.3.1 Réseau de surveillance de la qualité de l'air

En France, la surveillance de la qualité de l'air ambiant, notamment réglementaire, est assurée par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Elles ont un statut spécifique défini par décret ministériel (n° 98-361 du 6 mai 1998). Elles regroupent, de façon équilibrée, les principaux acteurs de la qualité de l'air : collectivités territoriales, services de l'État et ses établissements publics, industriels, associations de protection de l'environnement et de consommateurs, personnalités qualifiées ou professionnels de la santé. Cette diversité de membres et leurs statuts associatifs garantissent l'impartialité de ces organismes et permettent d'obtenir une vision plurielle et globale de la problématique de la qualité de l'air. Leurs financements proviennent de subventions des membres (subventions de l'État et des collectivités territoriales, Taxe Générale sur les Activités Polluantes pour les industriels) et de programmes particuliers (partenariats scientifiques, programmes européens...).



Le rôle des AASQA répond à l'intérêt général et consiste à :

- Surveiller la qualité de l'air de leur territoire de compétence de façon adaptée aux besoins de chaque zone concernée (outils : mesures, simulations numériques) ;
- Prévoir la qualité de l'air et anticiper les pics de pollution ;
- Informer les autorités et les citoyens au quotidien, et en cas d'épisodes de pollution ;
- Participer à la compréhension des phénomènes de pollution en effectuant des études spécifiques et contribuer ainsi à établir les liens existant notamment entre l'air, la santé et l'environnement [24].

Ainsi, la surveillance de la qualité de l'air dans l'agglomération foyalaise est assurée par Madininair.

Cette association a été créée en 1998 pour assurer la surveillance de la qualité de l'air en région Martinique. Elle est membre du réseau « atmo » constitué de 39 réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique.

L'implantation des stations de mesure a débuté en 2000.

Actuellement, la zone est équipée de 8 stations de mesure fixes dont 4 stations urbaines, 1 station périurbaine, 2 stations trafic et 1 station industrielle. Ces stations mesurent en continu et en temps réel divers polluants réglementaires. Pour décrire l'exposition d'une population, 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. De ce fait, nous ne retiendrons que les stations de fond urbaines et périurbaines donc au total cinq stations: Musée d'histoire, Avenue Maurice Bishop, Lamentin Bas Mission, Bourg de Schoelcher, Lycée Schoelcher.

Les stations et les méthodes de mesure de chaque polluant sont décrites dans le tableau 5.

**Tableau 5 : Classification des stations sur l'agglomération foyalaise, Madininair**

| Nom de la station     | emplacement   | Périodes de mesures  | Types de stations/mesures | Polluants - technique de mesure  |
|-----------------------|---|----------------------|---------------------------|--|
| Musée d'histoire      | Musée Régional d'Histoire Boulevard Général de Gaulle | Depuis le 7/12/2000  | Urbaine de fond           | NO <sub>2</sub> - chimiluminescence<br>PM <sub>10</sub> - microbalance oscillante (TEOM)<br>O <sub>3</sub> - absorption UV.<br>SO <sub>2</sub> - fluorescence UV |
| Avenue Maurice Bishop | Avenue Maurice Bishop                                 | Depuis le 27/02/2003 | Urbaine de fond           | NO <sub>2</sub> - chimiluminescence<br>PM <sub>10</sub> - microbalance oscillante (TEOM)<br>PM <sub>2,5</sub> - microbalance oscillante (TEOM)                   |
| Lamentin Bas Mission  | Quartier Bas Mission                                  | Depuis le 2/04/2003  | Urbaine de fond           | NO <sub>2</sub> - chimiluminescence<br>PM <sub>10</sub> - microbalance oscillante (TEOM)   |
| Bourg de Schoelcher   | Route de l'Université                                 | Depuis le 1/04/2003  | Urbaine de fond           | NO <sub>2</sub> - chimiluminescence<br>PM <sub>10</sub> - microbalance oscillante (TEOM)   |
| Lycée Schoelcher      | Lycée Schœlcher Boulevard Attuly                      | Depuis le 8/12/2000  | Périurbaine               | NO <sub>2</sub> - chimiluminescence<br>O <sub>3</sub> - absorption UV.   |

Les données de surveillance de la qualité de l'air ont été fournies par Madininair, pour chacune des stations, entre 2003 et 2008.

### 3.3.2 Caractéristiques globales de la qualité de l'air en Martinique

Les travaux sur la qualité de l'air en Martinique sont liés à la mise en place de Madinair et de son réseau de surveillance en 1998. Néanmoins plusieurs études ont été menées depuis, reprises notamment dans l'élaboration du PSQA de Madinair.

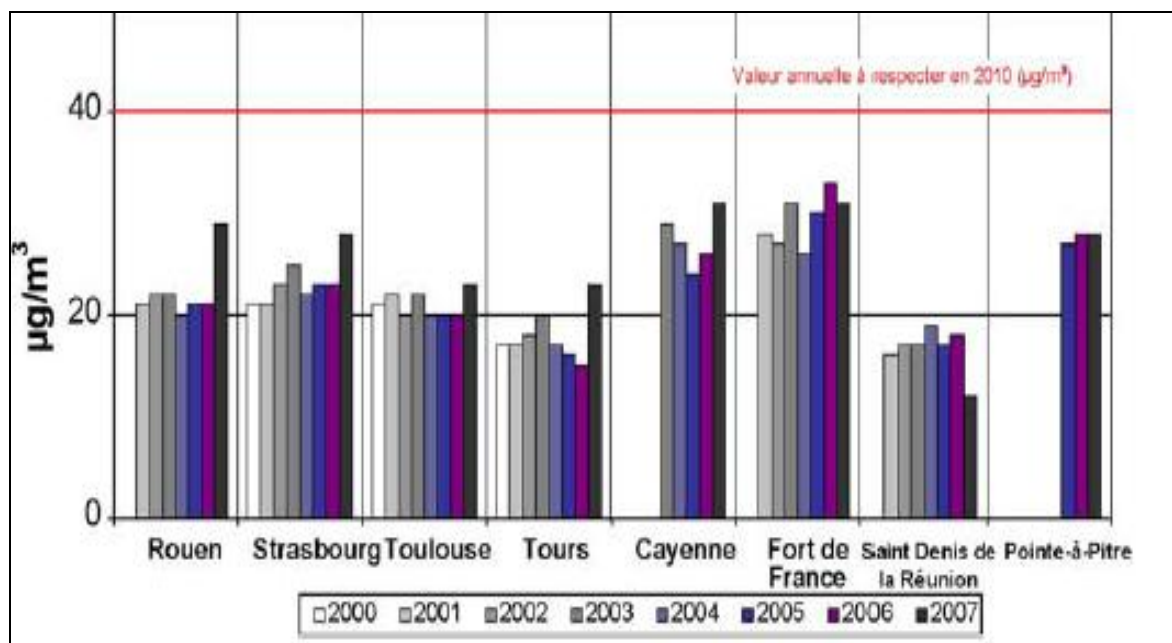
Les taux de polluants mesurés par Madinair sont peu élevés hormis à proximité des sources ponctuelles de pollution (industrielles ou trafic).

Pour l'ozone, le climat tropical humide de la Martinique n'est pas favorable à la formation d'ozone. Cependant, la concentration en O<sub>3</sub> a, depuis 10 ans, augmenté de 4% au regard de l'augmentation de la température moyenne et d'une pluviométrie relativement variable depuis quelques années. Les moyennes annuelles relevées restent cependant nettement inférieures aux moyennes enregistrées en Métropole qui oscillent autour de 50 µg/m<sup>3</sup>. De plus, aucun pic significatif d'ozone n'a été observé depuis la mise en place du réseau de surveillance de Madinair. En effet, le régime favorable des alizés assure un rôle dispersif fort et cela même en saison sèche se traduisant par une instabilité de l'air empêchant la formation excessive d'ozone. On observe que les concentrations en ozone les plus importantes sont observées durant la période la plus ensoleillée : le Carême, de février à mars.

Pour les PM<sub>10</sub>, on constate une corrélation entre les concentrations de PM<sub>10</sub> et le trafic automobile et les phénomènes de brumes de sables. Ainsi les jours de dépassements du seuil d'information et de recommandation ou du seuil d'alerte correspondent à des pointes de trafic automobile, notamment le matin et le soir mais coïncident également avec l'apparition de brumes de sable qui s'observent de mai à septembre. En effet, les alizés véhiculent les brumes de sables du Sahara jusqu'en Martinique. Celles-ci sont considérées comme de la pollution transfrontalière longue distance.

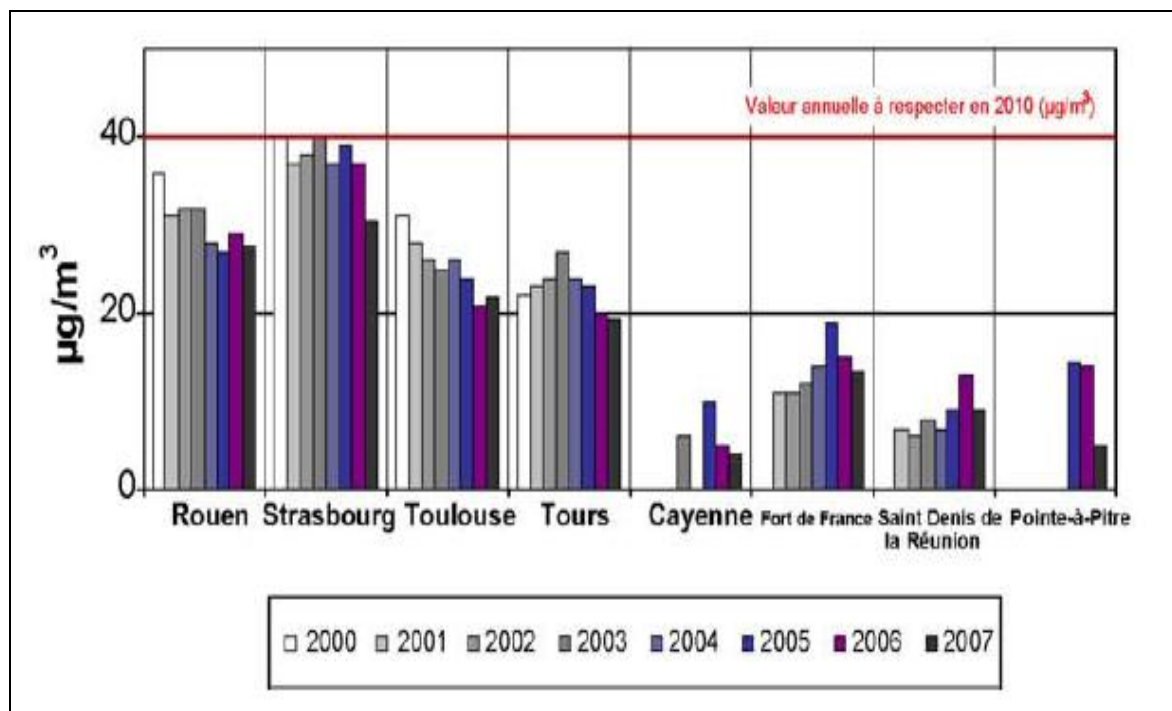
De plus, comme le montre la figure 5, les concentrations en PM<sub>10</sub> sont plus élevées que dans les autres DOM ou dans les agglomérations métropolitaines. Des niveaux très proches sont enregistrés à Marseille.

**Figure 5 : Evolution des niveaux annuels de PM<sub>10</sub> sur quelques agglomérations Moyenne annuelle PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup> (sites urbains de fond), BDQA ADEME**



A l'inverse, pour le dioxyde d'azote, les niveaux relevés sont nettement inférieurs à ceux enregistrés en Métropole mais les plus élevés que ceux observés dans les autres DOM (figure 6). Ceci s'explique par le fait que la Martinique est le département d'outremer dans lequel la proportion de ménages ayant deux voitures ou plus est la plus élevée : elle atteint 20,5 % contre 19 % à la Réunion, 18,6 % en Guadeloupe et 15,8 % en Guyane. Néanmoins, cette proportion demeure inférieure à la moyenne nationale (32,5 %), ce qui justifie des niveaux plus faibles qu'en métropole.

**Figure 6 : Evolution des niveaux annuels du dioxyde d'azote sur quelques agglomérations, BDQA ADEME**



Les plus fortes concentrations de NO<sub>2</sub> sont aussi relevées lors des pointes de trafic automobile.

L'influence du climat semble prépondérante, avec des vents forts qui peuvent disperser les émissions d'origine anthropique mais également favoriser la présence de polluants « naturels ».

### 3.3.3 Choix des polluants

L'objectif étant de construire, à l'échelle d'une unité urbaine, des indicateurs "d'exposition ambiante", seules les stations de fond urbaines et périurbaines ont été retenues, a priori, pour la construction des indicateurs relatifs aux quatre polluants suivants : NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>.

Le choix des polluants, qui doivent être étudiés, est guidé par la disponibilité des mesures réalisées en routine par l'Aasqa et par la disponibilité de relations E-R dans la littérature. L'InVS recommande d'utiliser les niveaux de particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) et d'ozone (O<sub>3</sub>). Les niveaux de polluants sont exprimés en µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux de NO<sub>2</sub>, de PM<sub>2,5</sub> et des PM<sub>10</sub> considérés correspondent à des concentrations moyennes journalières. Les niveaux d'ozone correspondent à la valeur journalière maximale des moyennes glissantes sur 8 heures.

Les caractéristiques des niveaux de pollution mesurés par chaque station sont présentées en annexe 4.

### 3.3.4 Sélection des stations

- Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Cinq stations mesurent cet indicateur dans la zone d'étude. En revanche, pour la construction de l'indicateur, seules les quatre stations urbaines sont retenues.

Bien que l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile, le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence. Ce qui justifie des valeurs journalières très faibles (annexe 4). Au regard des ces valeurs et des coefficients de corrélation inférieurs à 0,6, aucune station n'a été retenue. L'EIS de l'exposition à cet indicateur ne peut donc pas être réalisée.

- L'ozone (O<sub>3</sub>)

Les deux stations mesurant ce polluant dans la zone d'étude, Musée d'histoire et lycée Schoelcher, ont été retenues (niveaux moyens proches et bons coefficients de corrélation) (annexe 4).

L'indicateur d'exposition à l'ozone construit à partir des niveaux mesurés sur les stations de Musée d'histoire et Lycée Schoelcher est donc probablement très représentatif du niveau d'exposition moyen de la population résidant ou travaillant en périphérie de l'agglomération et surestime sans doute le niveau d'exposition moyen de la population restant dans le centre-ville. En effet, des réactions complexes forment l'ozone essentiellement en périphérie des villes, car la masse d'air voyage pendant que les réactions se font. De plus dans les centres villes, les précurseurs sont trop nombreux et certains détruisent l'ozone par des réactions différentes mais tout aussi complexes.

- Les poussières d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres (PM<sub>10</sub>)

Quatre stations mesurent cet indicateur : station Musée d'histoire, station Lamentin Bas Mission, station Bourg de Schoelcher et station Avenue Maurice Bishop.

Les niveaux enregistrés dans chaque station sont très proches et les coefficients de corrélations entre chaque station sont très satisfaisants (0,9) (annexe 4). Les quatre stations peuvent donc être retenues pour ce polluant.

- Les poussières d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 micromètres (PM<sub>2,5</sub>)

Ce polluant n'est mesuré que par une seule station, celle de l'avenue Maurice Bishop. Cette station est donc retenue pour la réalisation de l'EIS relative à ce polluant.

### 3.4 Indicateurs d'exposition

Au vu des résultats obtenus précédemment, nous ne construirons pas d'indicateur pour le NO<sub>2</sub>.

Dans la suite de l'étude, nous ferons donc essentiellement référence aux trois autres indicateurs à savoir les PM<sub>10</sub>, les PM<sub>2,5</sub> et l'O<sub>3</sub>. Ceux-ci sont présentés dans le tableau 6, les valeurs sont en µg/m<sup>3</sup>.

Pour quantifier l'intensité de la pollution sur la zone d'étude, on peut se référer aux recommandations de l'OMS [2,28] (annexe 6). Les niveaux de référence fixés pour l'O<sub>3</sub> et les PM<sub>10</sub> par la réglementation sont les suivants :

- Indicateur O<sub>3</sub> : 100 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 8 heures ;
- Indicateur PM<sub>10</sub> : 50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 24h;
- Indicateur PM<sub>2,5</sub> : 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 24h

Pour l'O<sub>3</sub>, les concentrations sont nettement plus faibles qu'en métropole. L'objectif de qualité de 100 µg/m<sup>3</sup> a été respecté et aucun dépassement des valeurs de référence n'a été observé. La valeur maximale est de 78 µg/m<sup>3</sup> (annexe 5).

Pour les PM<sub>10</sub>, en revanche, la valeur de référence (50 µg/m<sup>3</sup>) n'a pas été respectée avec 107 jours de dépassement, soit 9% de la période d'étude (annexe 5).

Pour les PM<sub>2,5</sub>, la valeur de référence n'a pas été dépassée plus de 40 jours, soit 4% de la période d'étude (annexe 5).

**Tableau 6 : Distribution des indicateurs de pollution, 2003-2008, Madinainair**

| <b>Indicateur d'exposition</b>      | <b>O<sub>3</sub></b> | <b>PM<sub>2,5</sub></b> | <b>PM<sub>10</sub></b> |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Nombre de valeurs manquantes</b> | 41                   | 248                     | 21                     |
| <b>Minimum</b>                      | 11                   | 5                       | 10                     |
| <b>Percentile 5</b>                 | 19                   | 9                       | 15                     |
| <b>Percentile 25</b>                | 28                   | 11                      | 20                     |
| <b>Médiane</b>                      | 34                   | 13                      | 24                     |
| <b>Percentile 75</b>                | 43                   | 17                      | 34                     |
| <b>Percentile 95</b>                | 57                   | 24                      | 62                     |
| <b>Maximum</b>                      | 78                   | 48                      | 144                    |
| <b>Moyenne journalière</b>          | 36                   | 14                      | 29                     |
| <b>Ecart-type</b>                   | 12                   | 5                       | 16                     |

### **3.5 Caractérisation du risque**

#### **3.5.1 Indicateurs sanitaires**

##### **A) Mortalité**

Le tableau 7 présente pour la période 2003-2008, la moyenne quotidienne du nombre de décès toutes causes hors mort violente non accidentelle, pour cause cardio-vasculaire et pour cause respiratoire. Cette moyenne quotidienne est utilisée pour estimer l'impact à court terme, et la moyenne annuelle pour l'impact à long terme. Dans le cadre de l'EIS de la pollution atmosphérique, seule l'étude de la mortalité toute cause (sauf accidentelle) est préconisée.



**Tableau 7 : Nombre de décès sur la zone d'étude par type de causes, InVS**

| <b>Mortalité</b>                | <b>nombre moyen annuel de décès</b> | <b>nombre moyen quotidien de décès</b> |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| Toutes causes non accidentelles | 911                                 | 2,5                                    |
| Cardio-vasculaire               | 307                                 | 0,8                                    |
| Respiratoire                    | 55                                  | 0,2                                    |

B) Faisabilité du recueil de données relatives à la morbidité

a) *PMSI*

Bien que les données soient disponibles sur la période d'étude choisie, leur exhaustivité est discutable puisque les données ne sont exploitables que depuis 2005. Ainsi, en ce qui concerne la morbidité hospitalière pour notre étude, la période 2005-2008 semble plus appropriée que la période 2003-2008.

b) *OSCOUR, SOS médecins*

Le système de surveillance syndromique SurSaUD créé en 2004 par l'InVS, est constitué de trois sources d'information capables de fournir au jour le jour des informations sur l'état de santé de la population :

- les services d'accueil des urgences par le biais d'OSCOUR ;
- les associations d'urgentistes de ville SOS Médecins ;
- la mortalité à travers les données d'état civil transmises par l'Insee.

A terme, ces trois sources doivent permettre de couvrir l'ensemble du territoire français, y compris les départements d'outre-mer dont la Martinique.

Les données SOS Médecins sont disponibles et fiables en Martinique. Elles sont transmises chaque jour par les associations à l'InVS via la plateforme SOS Médecins France et sont utilisées par l'InVS tant au niveau national que régional. Le suivi du nombre total d'actes médicaux tous âges confondus et par tranche d'âge est représenté sur la plateforme (nombre et moyenne mobile sur 7 jours), ainsi que le suivi de différents indicateurs syndromiques (bronchiolite, asthme, grippe...etc). Le nombre journalier d'appels reçus par SOS-médecins pour des affections des voies respiratoires

supérieures, inférieures et pour asthme peut être recueilli grâce à SOS Médecins. Mais compte tenu des données actuellement disponibles, il n'est pas possible de réaliser des EIS à partir de données provenant des structures SOS-médecins. De plus, pour l'instant en France, seules des relations E-R à l'échelle d'une agglomération (et non d'une commune) (Erpurs par exemple [34]) sont disponibles pour les données SOS-médecins. Enfin, les données SOS-médecins ne sont pas encore recueillies et codées de la même façon dans les différentes agglomérations françaises où elles sont disponibles. Le contenu des indicateurs construits pourra donc être différent d'une ville à l'autre.

Le système de surveillance OSCOUR ne couvre plus la Martinique depuis mars 2010. En effet, seul le centre hospitalier du Lamentin a participé au réseau OSCOUR de 2008 à 2010. De manière générale, ces données, encore trop parcellaires, ne sont pas utilisables pour le moment pour réaliser des EIS. De ce fait, aucune étude n'a été réalisée avec les données des passages aux urgences.

### **3.5.2 Choix des relations exposition-risque**

#### A) Etudes bibliographiques

En Martinique, aucune étude épidémiologique n'a été menée sur les liens entre pollution atmosphérique de fond et santé. Il est donc nécessaire de trouver des relations établies dans des régions chaudes et humides, une zone avec le même climat tropical avec deux saisons principales. Les recherches bibliographiques n'ont pas permis de trouver une relation qui corresponde exactement au contexte martiniquais.

Une étude menée à Hong Kong [21] a examiné les liens existants entre les indicateurs de pollution et la mortalité quotidienne par cause. Cette ville est soumise à un climat tropical humide mais les saisons sont inversées, la saison chaude allant d'avril à septembre. Le climat est plus humide et les températures descendent plus bas. Les niveaux en O<sub>3</sub> et en PM<sub>10</sub> y sont globalement plus élevés qu'en Martinique. Les méthodes mises en œuvre correspondent aux études épidémiologiques de référence (APHEA). Des excès de risques significatifs ont été mis en évidence notamment pour le NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> avec les indicateurs de mortalité mais pas pour les particules.

Les concentrations en polluants atmosphériques sont plus élevées en saison fraîche qu'en saison chaude, les relations valides et significatives ont donc été établies uniquement pour la saison fraîche ou l'année entière.

A Brisbane, en Australie, une étude [20] a été menée également sur les associations entre pollution atmosphérique et mortalité quotidienne. Le climat de cette ville est tropical avec un hiver doux et sec et un été chaud et humide, avec des températures plus fraîches

en hiver et une pluviométrie moins importante (208 jours de pluie en moyenne en Martinique vs 112 jours de pluie à Brisbane).

Les niveaux de pollution y sont globalement plus faibles que dans d'autres villes australiennes. Les niveaux en O<sub>3</sub> y sont plus élevés qu'en Martinique pouvant atteindre 124 µg/m<sup>3</sup> alors que les niveaux en PM<sub>10</sub> sont beaucoup plus faibles avec un maximum de 76 µg/m<sup>3</sup>.

Des risques significatifs ont été mis en évidence entre les indicateurs de pollution à l'ozone et aux particules et la mortalité quotidienne pour les personnes âgées (plus de 65 ans) [20]. Les méthodes mises en œuvre correspondent aux études épidémiologiques de référence (APHEA).

D'autres études ont aussi été trouvées (Bangkok [25], Shanghai [22],...) mais elles présentaient des disparités trop importantes d'un point de vue climatique, géographique, populationnel et méthodologique.

En tout état de cause, il n'existe pas dans la littérature de relation-exposition risque établie pour un contexte insulaire tropical comme celui de la Martinique. Compte tenu du fait que la population et les sources de pollution sont différentes par rapport à celles trouvées dans la littérature, l'utilisation des relations ER produites dans ces études introduit donc une grande incertitude. Il serait donc intéressant de voir si les données locales permettent d'établir des relations exposition-risque adaptées à la Martinique. Cela a été exploré en collaboration avec la Cire océan Indien, qui dans la même période de réalisation de cette étude, a menée une étude de faisabilité visant à explorer les liens à court-terme entre pollution atmosphérique et mortalité sur la ville de Saint-Denis à la Réunion.

Bien que le but de notre étude n'était pas d'établir des relations exposition-risque locales, le contact a néanmoins été pris avec la Réunion pour avoir une idée, en première approche, de l'association entre indicateurs de pollution et mortalité.

#### B) Construction d'une relation exposition-risque locale : première approche

Le modèle construit à la Réunion est basé sur une régression de Poisson faisant appel à un modèle additif généralisé (GAM) utilisant des fonctions de lissage paramétriques et non paramétriques pour modéliser les covariables. De plus, le GAM présente un intérêt majeur dans la phase d'exploration des relations entre la variable sanitaire et l'indicateur de pollution [26,27]. Il permet de modéliser l'indicateur de mortalité en fonction des indicateurs de pollution en ajustant les facteurs de confusion: paramètres météorologiques, épidémies saisonnières...etc. Les caractéristiques individuelles (âge, sexe, statut tabagique, etc.) ne constituent pas des facteurs de confusion puisqu'elles restent globalement stables d'un jour à l'autre sur l'ensemble de la population. Un des

principaux objectifs de cette étude fut de déterminer les facteurs devant être pris en compte dans le contexte particulier de la Réunion. Le modèle de régression permet d'estimer le coefficient associé à l'indicateur de pollution et d'estimer un risque relatif.

Les analyses ont été réalisées au moyen de la version 2.13.0 du logiciel R en utilisant le package mgcv.

Il s'agissait d'une étude exploratoire, de nombreux modèles ont donc été construits notamment afin de tester plusieurs décalages (i.e. indicateur du jour même, de la veille, moyenne de la veille et du jour même).

Un ensemble d'outils (analyse des résidus, comparaison des séries observée et prédite par le modèle) a permis de montrer que ces modèles étaient de bonne qualité et pouvaient être considérés comme robustes et fiables.

Le modèle suivant a été choisi, avec :

- l'indicateur de pollution du jour même ;
- les moyennes de valeurs de la veille et du jour même pour la température et l'humidité ;
- les périodes de vacances, les jours fériés et les jours de la semaine ;
- l'épidémie de chikungunya de 2006 ;
- la tendance pour les variations saisonnières.

Pour la Martinique, le même modèle a été utilisé sans la variable chikungunya.

Par convention et dans un souci de comparaison avec d'autres études, le RR a été estimé pour une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> des niveaux du polluant le jour et la veille du décès.

Il semblerait qu'il n'existe pas de relation statistiquement significative entre les indicateurs de pollution et la mortalité (annexe 7). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que certaines variables spécifiques à la Martinique n'ont pas été introduites dans le modèle (épidémies de dengue, épidémies de grippe...etc). Le modèle de la Réunion ne serait sans doute pas parfaitement adapté à la Martinique. Ces résultats sont donc à prendre avec beaucoup de précaution.

### **3.5.3 Calcul d'EIS, première approche**

Un calcul a été réalisé à partir des modèles de relations incluses dans le logiciel EIS-PA 2.0.

Malgré un grand nombre d'incertitudes, ces calculs sont réalisés à titre indicatif pour avoir une idée de l'impact sanitaire potentiel. Les résultats avancés ne doivent donc pas être considérés comme un chiffre en soi mais plutôt comme un ordre de grandeur.

Les relations de référence incluses, issues d'études françaises et européennes, sont à considérer comme les plus précises à l'heure actuelle et fondées sur des études

épidémiologiques multicentriques et puissantes. Elles ne sont donc pas moins indiquées que des relations moins précises qui correspondent plus au contexte local.

A) Impact à court terme

a) *Impact sanitaire total*

Pour estimer l'impact sanitaire total, les niveaux de référence tels que définis dans la méthodologie nationale sont de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ozone et  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules.

Ils correspondent à des niveaux faibles de pollution en dessous desquels, en métropole, il est probablement impossible de descendre même en mettant en place des mesures très strictes de réduction de la pollution. Dans le cadre de notre étude, on ne peut donc pas considérer ces niveaux de pollution comme faibles et le niveau de référence a été choisi égal au percentile 5 de la distribution des valeurs moyennes journalières pour chaque polluant. Ainsi, de nouvelles valeurs ont été introduites et ont été fixées à  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ozone,  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{10}$  et  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$ .

Par rapport à ces niveaux de référence, l'indicateur d'exposition  $\text{PM}_{10}$  est celui qui a relativement le plus d'impact sur la mortalité anticipée. Les RR de chaque indicateur d'exposition ne sont pas indépendant les uns des autres, de sorte que le nombre d'événements sanitaires attribuables aux indicateurs d'exposition ne sont pas cumulables. Une bonne estimation de l'impact de la pollution est donc au minimum le nombre maximal d'événements sanitaires attribuables à l'un des indicateurs d'exposition étudiés. Dans cette étude, ce nombre est attribuable aux  $\text{PM}_{10}$ .

De ce fait, sur la période allant de 2003 à 2008, on estime à environ 61 le nombre de décès anticipés toutes causes tous âges (60,8; IC 95% : [30,2 – 87,5]) attribuables à la pollution atmosphérique.

Pour l'ozone, l'impact estimé pour ce polluant est nul. Ce résultat était prévisible compte tenu des concentrations mesurées. Cela confirme qu'il n'est pas pertinent dans un premier temps de retenir cet indicateur de pollution pour le calcul d'impact sanitaire dans notre zone d'étude. Dans la suite de l'étude, nous ferons donc essentiellement référence aux indicateurs particuliers.

b) *Gains sanitaires liés à une diminution de la pollution atmosphérique*

Les gains sanitaires sont calculés pour deux scénarios différents :

- Scénario 1 : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution des niveaux dépassant les niveaux de référence fixés par la réglementation pour chaque polluant. Ce scénario a un objectif pédagogique.
- Scénario 2 : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution de 5% de la moyenne annuelle pour chaque polluant. Il permet d'évaluer les retombées sanitaires d'objectifs de gestion de la qualité de l'air.

Pour les PM<sub>10</sub>, le respect des valeurs réglementaires (scénario 1), se traduirait par plus de 6 décès évités (6,8; IC 95% : [3,3 – 9,7]) pour la période d'étude alors qu'une réduction des niveaux journaliers de 5% (scénario 2) aurait un impact plus important avec environ 20 décès évités (19,5 ; IC 95% : [9,8 – 27,8]).

Pour les PM<sub>2,5</sub>, pour le scénario 1, le gain sanitaire est négligeable. 17 décès (17,2; IC 95% : [9,2– 24,1]) sont évitables avec le scénario 2.

Ainsi, pour la mortalité anticipée, le gain sanitaire potentiellement obtenu par le scénario 2 est supérieur au gain du scénario 1 pour les deux indicateurs.

#### B) Impact à long terme

La fonction exposition-risque « long terme » utilisée ici est celle issue de l'étude tri-nationale [15] (Autriche, France et Suisse, 1996) qui est également celle retenue par l'OMS. Il semblerait, d'après ce premier calcul, qu'environ 114 décès (113,8; IC 95% : [69,1– 160,8]) seraient évitables par une réduction de 5 µg/m<sup>3</sup> du niveau des PM<sub>10</sub> actuels.

## 4 Discussion

### 4.1 Interprétation et limites des résultats

Dans le cadre de cette étude de faisabilité, les calculs d'impact ont été réalisés pour étudier l'influence des différents points clés sur une éventuelle EIS complète. Bien qu'inexploitables en l'état, ces résultats préfigurent un impact potentiel de la pollution atmosphérique urbaine à Fort de France.

La discussion portera sur les éléments préalables à la réalisation de l'étude et non sur les résultats des calculs d'impact qui, ici, sont effectués à titre indicatif. L'analyse des incertitudes sera donc qualitative.

## 4.2 Analyse des incertitudes

### 4.2.1 Exposition

#### A) Choix de la période d'étude

A priori, la période 2003-2008 est apparue comme le meilleur compromis au niveau de la disponibilité des données de mesures validées par Madinair avec relativement peu de données manquantes.

De plus, le choix d'une période d'étude relativement large (6 années) donne une vision moins limitée.

Les périodes antérieures à 2003 n'auraient pas été satisfaisantes car outre une moins bonne disponibilité des données de la qualité de l'air du fait que très peu de stations existaient, ces périodes auraient certainement posé des problèmes supplémentaires quand à l'extraction des données sanitaires de morbidité.

L'année 2008, ayant été une année particulièrement pluvieuse, nous avons procédé à une analyse de sensibilité « simple » pour voir l'influence de ce paramètre sur l'impact sanitaire. Bien on ne constate pas de diminution significative des impacts sanitaires des  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  lorsque la période d'étude n'inclue pas l'année 2008, ceux-ci restent du même ordre de grandeur (on a pas de facteur  $>10$ ) (annexe 7). Cette année peut donc être incluse dans la période d'étude.

#### B) Evaluation de la qualité de l'air

##### a) Zone d'étude

Il est primordial de pouvoir considérer que sur zone d'étude la population est exposée à un même niveau de pollution atmosphérique. Il s'agit là d'un point fort quant à la faisabilité d'une EIS. En Martinique, les stations de fond sont relativement nombreuses sur la zone d'étude et la représentativité des mesures semble peu discutable.

De ce fait, on peut donc penser qu'une implantation différente des capteurs ne conduirait pas à des estimations de niveaux d'exposition différentes.

Néanmoins, la question se pose pour les  $PM_{2,5}$ . La construction de l'indicateur d'exposition repose sur une seule station de mesure. L'inconvénient de ce choix réside dans le fait que l'indicateur d'exposition ainsi construit à partir des mesures effectuées sur

une seule station est à priori moins robuste que celui construit à partir de plusieurs stations.

De plus, nous n'avons pas pu vérifier l'homogénéité de la répartition des immissions polluantes sur l'ensemble de la zone d'étude concernant les  $PM_{2,5}$  par le biais de campagne de mesures ponctuelles. Ces dernières étant inexistantes pour ce polluant.

Les éléments en faveur d'une bonne estimation dans notre zone sont la bonne corrélation entre les stations fixes de mesure de la qualité de l'air et l'absence de sources majeures de pollution industrielle ; les industries étant implantées stratégiquement sur la côte Caraïbe de manière à orienter la majorité des rejets vers la mer.

Les éléments en défaveur sont la présence d'axes de trafic importants dans la zone, une météorologie disparate et la présence d'une végétation importante qui conduit à une sous-estimation de l'exposition. C'est le cas notamment de la station Musée qui se trouve sur un site protégé et qui s'est retrouvée entourée d'arbres au fil du temps. Il est prévu la délocalisation de cette station.

Bien que ces éléments soient difficiles à quantifier et à analyser, les meilleures données disponibles ont été utilisées pour estimer l'ordre de grandeur de l'exposition.

La zone ainsi délimitée répond donc à la double contrainte d'une population suffisamment importante et d'une exposition homogène.

#### *b) Indicateurs de pollution*

L'hypothèse de la méthodologie est que la population est exposée à des niveaux de pollution homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette hypothèse masque les inégalités d'exposition géographique. En effet, une partie de la population peut s'absenter de la zone d'étude au cours de la journée pour des raisons professionnelles ou personnelles. De plus, 8 % des actifs travaillent en dehors de la zone d'étude. Cela conduit, dans ce cas, selon les niveaux de pollution atmosphérique de la zone d'attraction, à sur ou sous-estimer l'impact sanitaire. A l'inverse, la zone d'étude peut, pour les mêmes raisons, attirer une population non résidente. Cela conduit cette fois à sous-estimer l'impact sanitaire réel puisque cette population ne résidant pas dans la zone d'étude, n'est pas comptabilisée dans les données de mortalité et de morbidité alors qu'elle est exposée à la pollution atmosphérique de la zone.

De plus, les indicateurs retenus sont ceux généralement retenus pour les EIS et cela dans un but de comparaison avec des études internationales. Cependant, la composition du mélange complexe de polluants n'est sans doute pas la même qu'ailleurs (moins de trafic, plus de production énergétique, plus de sources naturelles...etc).



#### **4.2.2 Indicateurs sanitaires**

L'indicateur mortalité est en général fiable même s'il existe parfois un biais d'information lié à l'imprécision de la cause de la mort renseignée dans le certificat de décès.

On ne peut pas oublier les biais d'études utilisant les bases de données PMSI notamment les défauts de codage, la relative qualité du codage et le manque d'exhaustivité. Cependant, l'erreur sur le dénombrement des effets sanitaires (mortalité, admissions hospitalières) est limitée par le recours à des grandes catégories de diagnostics (mortalité toute cause sauf accidentelle, hospitalisation pour toutes causes respiratoires ou cardiovasculaires). Par contre la non prise en compte (en général) des urgences dans le PMSI conduit à sous estimer le nombre d'événements sanitaires et donc l'impact de la pollution atmosphérique sur l'activité de soins hospitaliers.

A l'heure actuelle, en Martinique, seules les données du PMSI peuvent être utilisées pour une telle étude.

#### **4.2.3 Relations exposition-risque**

Les recherches bibliographiques menées afin de trouver des relations exposition-risque adaptables à notre contexte se sont basées sur la recherche d'études menées dans des régions présentant un contexte climatique similaire, c'est-à-dire des régions chaudes et humides. Puis les critères d'élaboration de ces relations notamment les facteurs de confusion pris en compte ont été examinés.

Ces recherches bibliographiques n'ont pas permis de trouver une relation qui corresponde exactement au contexte martiniquais. Il est difficile de trouver un contexte similaire tant au point de vue climatique qu'au point de vue socio-démographique.

Dans la plupart des études publiées la nature de la pollution atmosphérique (composition des particules notamment) et les niveaux de pollution atmosphérique sont différents du contexte martiniquais. Les niveaux en ozone sont nettement plus importants et les niveaux de PM<sub>10</sub> plus faibles. De plus, ce ne sont pas les PM<sub>10</sub> qui sont mesurées, dans certains cas [20], mais un coefficient de diffraction de la lumière due aux particules en suspension. Ces éléments rajoutent des incertitudes aux incertitudes inhérentes à la méthode d'EIS.

De plus, la modélisation avec les données locales est rendue difficile du fait d'un nombre très faible de décès. Il y a donc un problème de puissance pour mettre en évidence une relation. C'est une limitation majeure de l'étude de faisabilité, et donc on ne peut pas utiliser ces risques relatifs pour faire une EIS.

C'est pour ces raisons que les relations exposition-risque utilisées dans cette étude, sont donc tirées d'études épidémiologiques françaises intégrées par défaut dans le logiciel pour la réalisation d'une EIS. Pour réaliser le calcul de l'EIS en première approche, il a été fait l'hypothèse que les résultats de ces études pouvaient être transposés à la zone géographique foyale, notamment en considérant que sur cette zone, les indicateurs de pollution étaient ceux retrouvés dans les études publiées. On ne peut écarter l'hypothèse d'un biais de l'évaluation du risque dans notre étude en l'absence d'une courbe construite localement car la qualité de l'air à Fort de France est vraisemblablement différente de celle des agglomérations métropolitaines.

#### **4.2.4 Autres facteurs**

Les poussières dont le diamètre est inférieur à  $10\mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{10}$ , proviennent essentiellement de deux sources importantes en Martinique :

- les poussières issues de l'activité anthropique : combustion de matières fossiles, transport automobile et industries ;
- les poussières naturelles notamment les brumes de sable sahariennes

A l'heure actuelle, il est difficile d'apprécier la part de la pollution naturelle (brumes de sables) et celle de la pollution anthropique. L'aide qui aurait pu être apportée par un inventaire des émissions très précis n'est également pas suffisante, l'absence de spatialisation ne permettant pas une interprétation fine.

Les brumes de sables constituent un facteur de confusion vis-à-vis de l'établissement de risques imputables à la pollution atmosphérique urbaine d'origine anthropique.

De plus, ce facteur peut être à l'origine d'une surestimation de l'impact lors de l'utilisation d'éventuelles relations « tropicales » ne l'ayant pas pris en compte

## Conclusions et perspectives

En se plaçant ainsi dans les conditions réelles de la réalisation d'une évaluation d'impact sanitaire, on a pu étudier la faisabilité d'une telle étude en Martinique.

Les données relatives à la construction de la zone d'étude (population, déplacements, données météorologiques...) ont pu être collectées sans grande difficulté auprès des partenaires locaux. A l'heure actuelle, aucun autre secteur en Martinique ne rassemble les caractéristiques nécessaires en termes d'urbanisation et de réseau de mesures de la qualité de l'air. La question de l'élargissement de la zone d'étude ne se pose pas.

La zone ainsi délimitée répond aux critères de faisabilité de l'EIS.

Les données nécessaires à la faisabilité d'une EIS se sont avérées disponibles et valides dans le contexte local.

Les données relatives à la qualité de l'air sont valides et utilisables dans le cadre d'une EIS avec un nombre non négligeable de stations de mesure de la qualité de l'air dans la zone. Il s'agit là d'un point fort de cette étude de faisabilité. Toutefois, le recours à une seule station pour les  $PM_{2,5}$  limite la portée des résultats et leur représentativité spatiale et temporelle.

La disponibilité des données sanitaires est également satisfaisante bien que leur exhaustivité et leur précision ne soient pas optimales.

Les recherches bibliographiques quant à la disponibilité de relations exposition/risque n'ont pas permis de conclure de façon définitive vis-à-vis de l'applicabilité locale de modèles particuliers. Cependant, les relations utilisées en Europe ont été intéressantes car elles ont permis de qualifier les incertitudes. Le test préliminaire qui visait à construire une relation exposition-risque locale n'a pas permis de mettre en évidence de relation significative entre la mortalité et les indicateurs de pollution. Ce point constitue une faiblesse dans la réalisation d'une EIS dans la zone d'étude. Il faut donc persévérer dans le développement de relations ER locales, ce qui sera réalisé dans le cadre du Psas.

En effet, le programme prévoit de réaliser (sur la période 2011-2013) une nouvelle analyse des effets à court-terme des particules en suspension sur la morbidité et la mortalité, notamment afin de prendre en compte :

- les nouvelles méthodes de mesure mises en place en France en 2007 ;
- un plus grand nombre de villes afin de pouvoir mieux analyser l'hétérogénéité géographique des effets observés ;
- un élargissement des indicateurs sanitaires analysés, notamment vers les indicateurs de morbidité (recours aux soins d'urgence, SOS médecins) ;
- les données disponibles (continues ou semi-continues) sur la composition chimique des particules.

C'est dans ce cadre, qu'en parallèle de la réalisation de ce mémoire, un rapport synthétique, présentant à la fois la zone d'étude et les premiers résultats des statistiques descriptives, a été transmis à l'InVS. Cette démarche permettra d'examiner la faisabilité d'intégrer Fort de France dans les activités du Programme de surveillance air et santé ayant trait à la surveillance des effets à court-terme des effets sur la santé de la pollution atmosphérique. Pour la première fois, ce programme va s'étendre aux villes d'outremer. Cette extension a démarré en 2011 avec la définition du protocole et le choix des villes, dont Fort de France pour la Martinique et Saint-Denis pour la Réunion font partie. La période 2007-2009 a été retenue pour toutes les villes candidates. Cette démarche devrait permettre d'étudier les liens pouvant exister entre les variations journalières des niveaux des indicateurs de pollution atmosphérique et les variations journalières du nombre de décès par des analyses de séries temporelles [29].

Néanmoins, les calculs réalisés, à titre indicatif, avec les relations issues d'études européennes préfigurent un impact sanitaire « minimum » de la pollution atmosphérique. Ils confirment, qu'en Martinique, comme ailleurs, il faut davantage agir sur la pollution de fond, plus que sur les pics (scénario1 inférieur à scénario 2).

En conclusion, d'un point de vue strictement méthodologique, toutes les données requises pour une EIS PA sont disponibles et valides pour l'agglomération de Fort de France.

La conduite d'une telle évaluation est donc possible bien que de nombreuses incertitudes limitent l'interprétation des résultats. Celle-ci paraît prématurée compte tenu du fait qu'on ne dispose pas de relation exposition-risque construite à partir des données collectées localement nécessaire à la réalisation d'une EIS complète.

A l'avenir, l'amélioration progressive des connaissances locales et internationales devrait cependant permettre la mise en œuvre d'une EIS à la Martinique, afin de guider la définition d'objectifs de qualité de l'air, sur la base de critères sanitaires. Il est important de souligner, la qualité de la concertation et de la collaboration avec les partenaires locaux (Madininair, Météo-France) dont la contribution a permis la réalisation de ce travail. C'est essentiel d'autant plus, que dans ce domaine, l'ensemble des actions doit découler d'une dynamique locale impliquant tous les acteurs locaux concernés par la gestion de la qualité de l'air.

Compte tenu de la problématique locale de la pollution liée aux phénomènes de brumes de sables, Madininair s'est associé à l'INERIS dans le but de réaliser une spéciation chimique des PM<sub>10</sub> lors de pics de concentrations élevées. Cette étude permettra de quantifier la part des poussières désertiques et ainsi de lancer un travail sur une méthode scientifique permettant de mieux spécifier la source en PM<sub>10</sub> des épisodes désertiques lors des dépassements des normes environnementales. Ces épisodes de brume de sable

étant globaux à la Martinique, cette étude permettra également de cibler la population touchée par ces dépassements.

La Cire Antilles Guyane réalise actuellement une étude épidémiologique visant à établir le lien entre les brumes de sable et la santé. Celui-ci a été évalué par la mise en relation des admissions hospitalières pour des pathologies respiratoire ou cardio-vasculaire avec les épisodes de brume de sable enregistrés sur notre territoire. Les résultats de cette étude seront prochainement disponibles. Il serait intéressant aussi d'effectuer une analyse de sensibilité, qui n'a pas pu être faite dans le cadre de ce mémoire par manque de temps, afin d'étudier l'influence de ce paramètre sur les résultats du calcul de nombres de cas attribuables. Pour cela, il faudrait connaître les jours où ces phénomènes ont lieu sur la période d'étude et refaire le calcul sans ces jours.

A une autre échelle, la mise en place d'une étude multicentrique entre agglomérations des DOM-TOM permettrait d'établir des estimateurs de risques fiables et plus précis concernant l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans l'outre-mer français. Ce point est d'autant plus important que dans le cadre international le manque de données scientifiques quant à la qualité de l'air en milieu tropical est une réalité.

---

## Bibliographie

---

- [1] Organisation mondiale de la santé. Pollution de l'air, Aide-mémoire n°313, [en ligne], [08/08] Disponible sur internet : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/fr/>
- [2] Organisation mondiale de la santé. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, [en ligne], Disponible sur internet : [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_fre.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf)
- [3] ELICHEGARAY C., BOUALLALA S., MAITRE A., BA M. Development and current status of atmospheric pollution. *Revue française d'allergologie* 50 (2010), 381-393. Disponible sur internet.
- [4] Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. *Journal officiel de la République Française* 1<sup>er</sup> janvier 1997.
- [5] GLORENNEC P., QUENEL P., NOURY L. *et al.* Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : Guide méthodologique. Institut de veille sanitaire, Saint Maurice, 1999.
- [6] CASSADOU S., PASCAL L. *et al.* Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : actualisation du guide méthodologique. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, mars 2003 ; 31 pages.
- [7] Programme de surveillance air et santé. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Concepts et méthodes. Institut de veille sanitaire. Mars 2008.
- [8] INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain : rapport de l'étude. Institut de veille sanitaire. Saint-Maurice, mars 1999;148 pages.
- [9] INSEE ANTILLES-GUYANE. Tableaux économiques régionaux de la Martinique, version 2009-2010.
- [10] PROGRAMME DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR 2010-2015, Madinainair, [en ligne], version décembre 2010, disponible sur internet : [www.madinainair.fr](http://www.madinainair.fr)
- [11] CITEPA. Rapport inventaire SRCAE, Martinique, juin 2010.
- [12] INSEE. Enquête ménages déplacements ; CETE Nord Picardie, Certu, juin 2001.
- [13] HAUT COMITE A LA SANTE PUBLIQUE, Ministère de l'emploi et de la solidarité *Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé. Poursuivre la réduction des risques.* Paris, Editions ENSP, Juin 2000 : 1-263.
- [14] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. Quantification of health effects of exposure to air pollution report on a WHO Working group Bilthoven, Netherlands 20-22 November 2000, WHO Regional Office for Europe, 2001, 30 pages.
- [15] 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.

- [16] BELL ML., DAVIS DL. *et al.* A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. Janvier 2004.
- [17] INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Concepts et méthodes. Saint Maurice.
- [18] ARDEN POPE III C., DOCKERY D.W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. June 2006.
- [19] CELLULE INTERREGIONALE D'EPIDEMIOLOGIE - ANTILLES GUYANE. Bulletin de veille sanitaire — N° 2 / Février 2010. Disponible sur internet.
- [20] SIMPSON RW., WILLIAM G. *et al.* Associations between outdoor air pollution and daily mortality Brisbane, Australia. Arch Environ Health. Nov-Dec 1997; n°52(6), pp.442-54.
- [21] WONG CM, MA S, HEDLEY AJ *et al.* Effect of air pollution on daily mortality in Hong Kong , Dept of community Medecine, University of Hong Kong, China. Environ Health Perspect, Apr 2001, n°109, pp. 335-40.
- [22] KAN H. *et al.* Part 1. A Time-Series Study of Ambient Air Pollution and Daily Mortality in Shanghai, China. Department of Environmental Health, School of Public Health, Fudan University, Shanghai, China, n°154, Nov 2010.
- [23] EILSTEIN D., DECLERCQ C., PROUVOST H. *et al.* Retentissement de la pollution atmosphérique sur la santé Le Programme de Surveillance Air et Santé 9 villes. Presse Med 2004; 33: 1323-7.
- [24] TETON S.*et al.* Pollution atmosphérique. Surveillance de la qualité de l'air en France : Outils, missions, avenir. Revue française d'allergologie 50 (2010) 82–87. Disponible sur internet.
- [25] VICHIT-VADAKAN, OSTRO B.D., CHESTNUT LG. Air pollution and respiratory symptoms: Results from three panel studies in Bangkok, Thailand, Environnemental Health Perspectives, June 2001, vol 109, suppl 3, pp.381-387.
- [26] EILSTEIN D., LARRIEU S. *et al.* Association entre l'exposition à la pollution atmosphérique et la santé: utilisation des séries chronologiques. Journal de la Société Française de Statistique, Volume 150, n°1, 2009.
- [27] EILSTEIN D., LE TERTRE A., ZEGHNOUN A. *et al.* Séries temporelles et modèles de régression. Application à l'analyse des associations à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé.
- [28] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. Guidelines for Air Quality. Geneva 2000.
- [29] INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Programme de surveillance air et sante. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique urbaine et mortalité dans neuf villes françaises. Saint-Maurice (Fra), juin 2008, 41 p. Disponible sur internet: [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr).
- [30] FILLEUL L., MEDINA S. *et al.* La pollution atmosphérique particulaire urbaine : de l'épidémiologie à l'impact sanitaire en santé publique. Rev Epidemiol Sante Publique 2003 ; 51 : 527-42.

[31] DAB W., SEGALA C. *et al.* Air pollution and health: correlation or causality? The case of the relationship between exposure to particles and cardiopulmonary mortality. *J Air Waste Manag Assoc* 2001; 51: 220-35.

[32] LE TERTRE A., QUENEL P. *et al.* Short-term effects of air pollution on mortality in nine French cities: a quantitative summary. *Arch Environ Health* 2002; 57: 311-9.

[33] MEDINA S., PLASENCIA A. *et al.* Contributing members of the APHEIS group: APHEIS. Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities. Second year report, 2000-2001. Institut de Veille Sanitaire Saint Maurice 2002, 225 pages.

[34] CHARDON B, LEFRANC A *et al.* Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé (Erpurs). Analyse des liens à court terme entre niveaux de pollution atmosphérique et visites médicales à domicile – 2002/2003. Paris, Observatoire régional de santé d'Île-de-France; 2005.

[35] INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE. Le dispositif régional de l'InVS Les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) Missions, activités 2007. Disponible sur internet.

[36] DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT. Profil environnemental Martinique. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2008.

[37] EL YAMANI M. Fiche pollution atmosphérique urbaine. Afsset, juin 2006.

[38] LARRIEU S., LEFRANC A. *et al.* Are the Short-term Effects of Air Pollution Restricted to Cardiorespiratory Diseases? *American Journal of Epidemiology*, Vol. 169, No. 10, April, 2009.

### **Principaux sites internet utilisés non cités :**

- Airparif : <http://www.airparif.asso.fr>
- Institut de Veille Sanitaire : <http://www.invs.sante.fr/>
- Institut de l'information Scientifique et Technique : <http://www.inist.fr/>
- Editions John Libbey Eurotext : <http://www.jle.com/fr/index.phtml>
- Réseau d'Echanges en Santé et Environnement : <http://rese.sante.gouv.fr/>
- Bases de données bibliographiques en ligne ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/>
- Bases de données bibliographiques en ligne PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>



---

## Liste des tableaux

---

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 Comparaison des paramètres météorologiques de la période 2003-2008 à ceux de la période 1973-2003..... | 17 |
| Tableau 2 Population de la zone d'étude, recensement de population 2007.....                                     | 19 |
| Tableau 3 Navettes domicile-travail par commune, recensement de la population complémentaire 2007.....           | 20 |
| Tableau 4 Principales sources de pollution de l'air, 2007 (en tonnes).....                                       | 27 |
| Tableau 5 Classification des stations sur l'agglomération foyalaise.....   | 29 |
| Tableau 6 Distribution des indicateurs de pollution, 2003-2008.....  | 35 |
| Tableau 7 Nombre de décès sur la zone d'étude par type de causes.....  | 36 |

---

## Liste des figures

---

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 Schéma de principe de l'évaluation de l'impact sanitaire.....   | 6  |
| Figure 2 Pyramide des effets aigus associés à la pollution atmosphérique Carte de la zone d'étude.....   | 13 |
| Figure 3 Carte de la zone d'étude.....   | 20 |
| Figure 4 Phénomène de brumes de sables.....  | 26 |
| Figure 5 Evolution des niveaux annuels de PM <sub>10</sub> sur quelques agglomérations : Moyenne annuelle PM <sub>10</sub> en µg/m <sup>3</sup> (sites urbains de fond)..... | 31 |
| Figure 6 Evolution des niveaux annuels du dioxyde d'azote sur quelques agglomérations.....   | 32 |

---

## Liste des annexes

---

Annexe 1 : Météorologie de la zone d'étude

Annexe 2 : Caractéristiques de la zone d'étude

Annexe 3: Période d'étude

Annexe 4: Sélection des stations de mesure de la qualité de l'air

Annexe 5: Distribution par classes des différents indicateurs

Annexe 6: Valeurs guides de la qualité de l'air OMS

Annexe 7: Evaluation de l'impact sanitaire (résultats)

# Annexe 1 : Météorologie de la zone d'étude

Rose des vents, station Aéroport Lamentin, 2000-2008, Météo-France.

## LAMENTIN-AERO (972)

Indicatif : 97213004, alt : 3 m., lat : 14°35'42"N, lon : 60°59'42"W

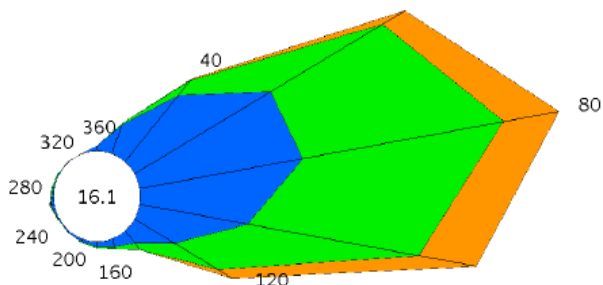
Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure fuseau

### Tableau de répartition

Nombre de cas étudiés : 25816

Manquants : 488

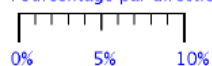


| Dir.      | [ 1.5;4.5 [ | [ 4.5;7.0 [ | > 7.0 m/s | Total |
|-----------|-------------|-------------|-----------|-------|
| 20        | 1.8         | +           | +         | 1.9   |
| 40        | 5.0         | 1.1         | 0.1       | 6.2   |
| 60        | 9.5         | 7.8         | 1.6       | 18.8  |
| 80        | 10.0        | 12.3        | 3.4       | 25.7  |
| 100       | 6.6         | 10.4        | 3.6       | 20.6  |
| 120       | 2.8         | 3.0         | 1.0       | 6.8   |
| 140       | 0.9         | 0.5         | +         | 1.4   |
| 160       | 0.5         | 0.1         | 0.0       | 0.6   |
| 180       | 0.3         | +           | 0.0       | 0.4   |
| 200       | 0.2         | +           | 0.0       | 0.2   |
| 220       | +           | +           | 0.0       | 0.1   |
| 240       | +           | +           | +         | 0.1   |
| 260       | 0.2         | +           | +         | 0.3   |
| 280       | 0.1         | +           | 0.0       | 0.2   |
| 300       | +           | +           | +         | 0.1   |
| 320       | +           | 0.0         | 0.0       | +     |
| 340       | +           | 0.0         | 0.0       | +     |
| 360       | 0.3         | +           | 0.0       | 0.3   |
| Total     | 38.4        | 35.8        | 9.7       | 83.9  |
| [ 0;1.5 [ |             |             |           | 16.1  |

### Groupes de vitesses (m/s)



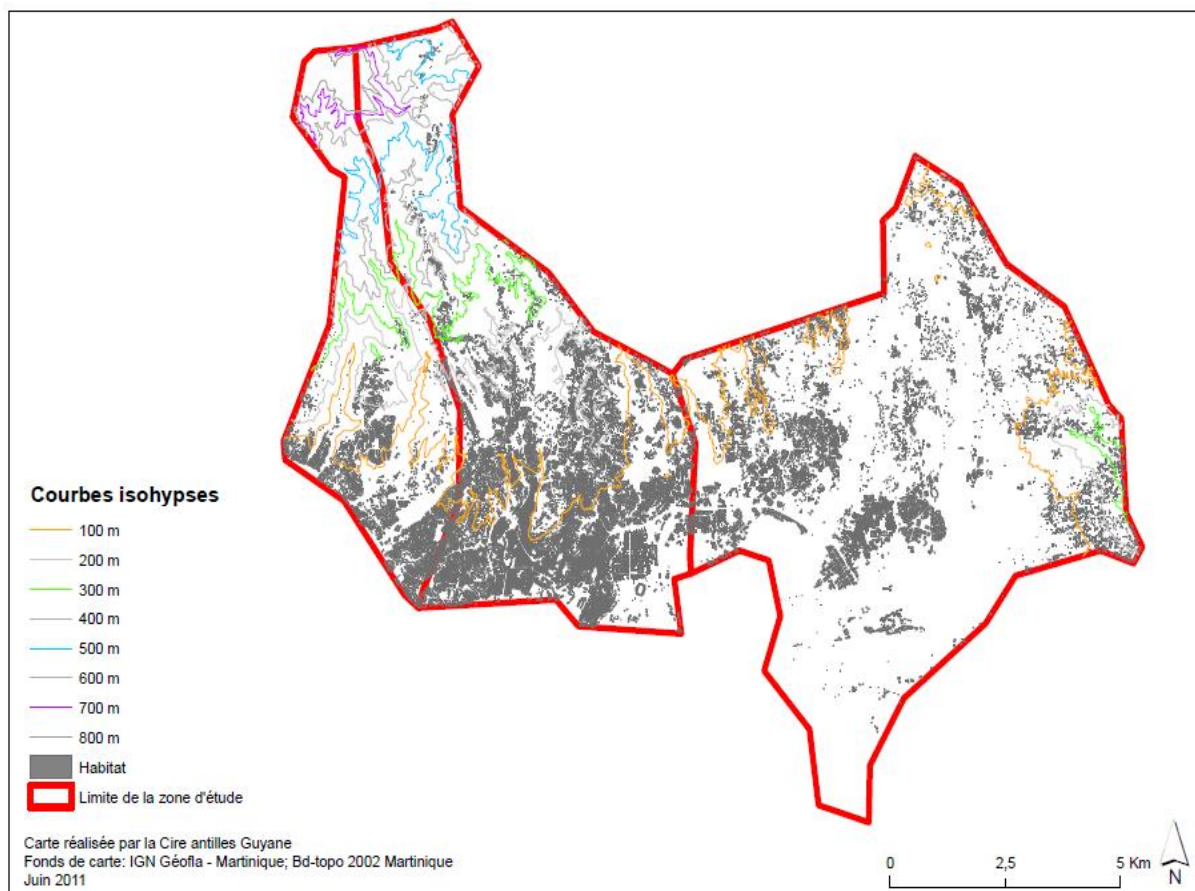
### Pourcentage par direction



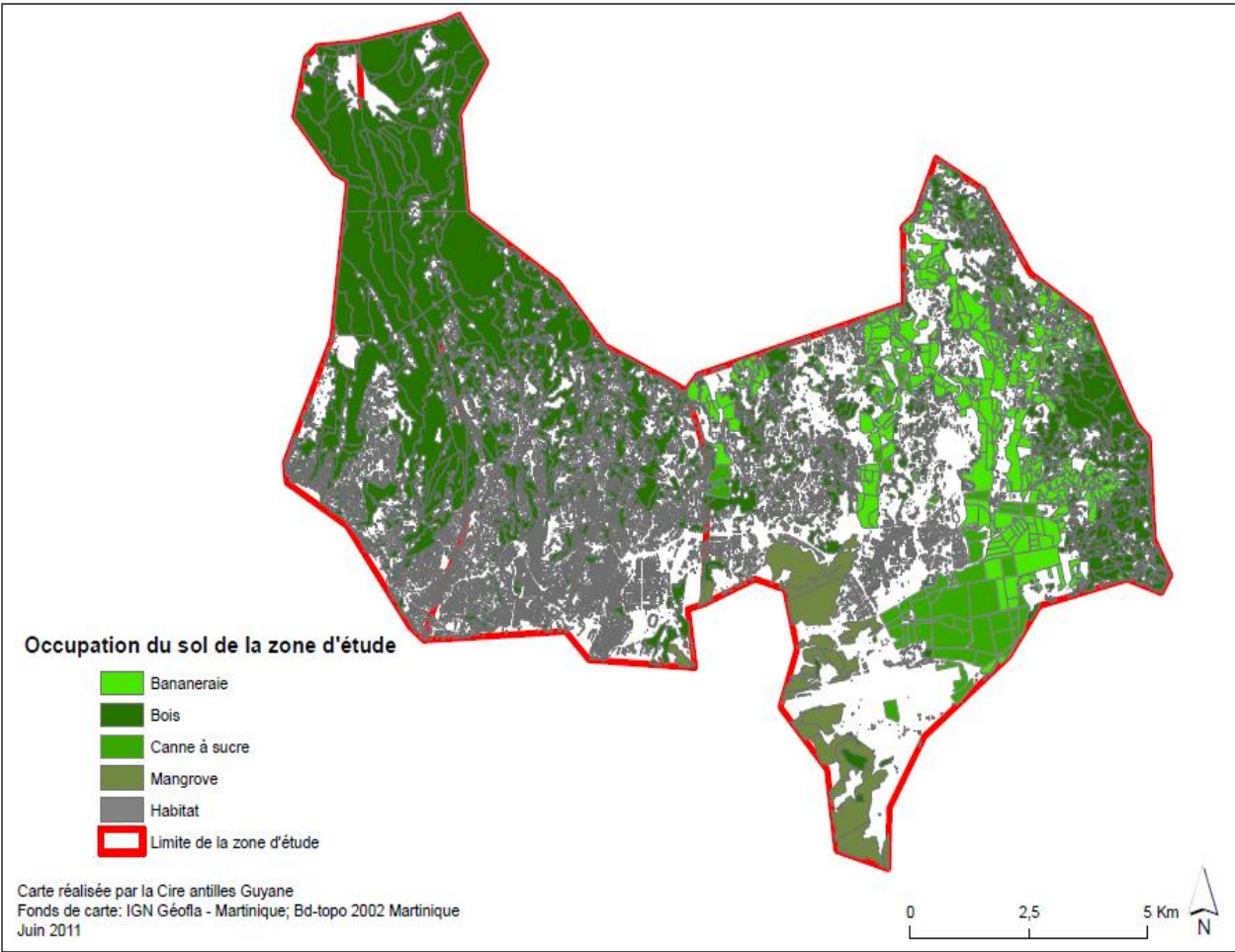
Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord  
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

## Annexe 2 : Caractéristiques de la zone d'étude

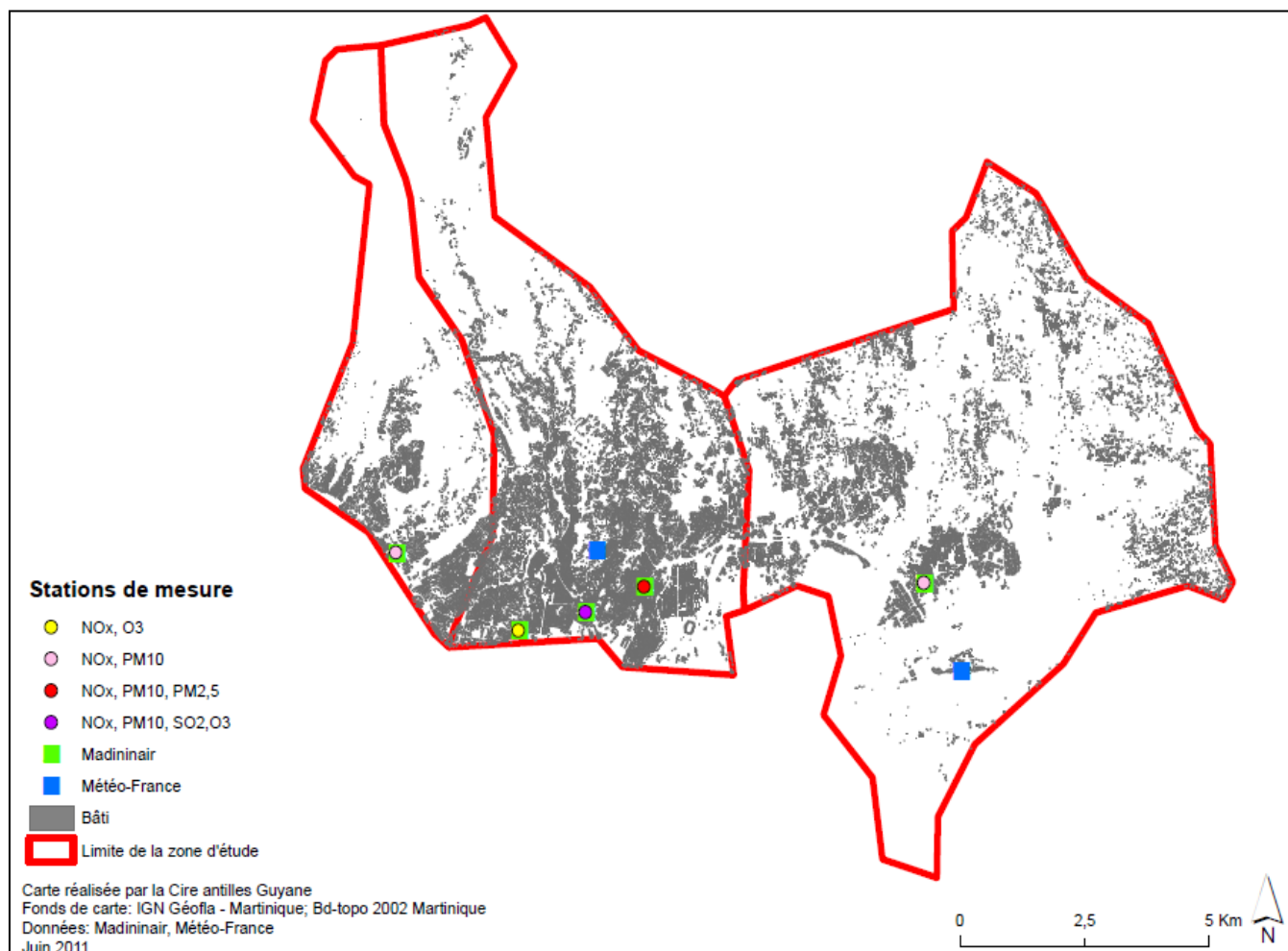
Courbes de niveaux dans la zone d'étude, Cire AG.



Occupation du sol de la zone d'étude, Cire AG.

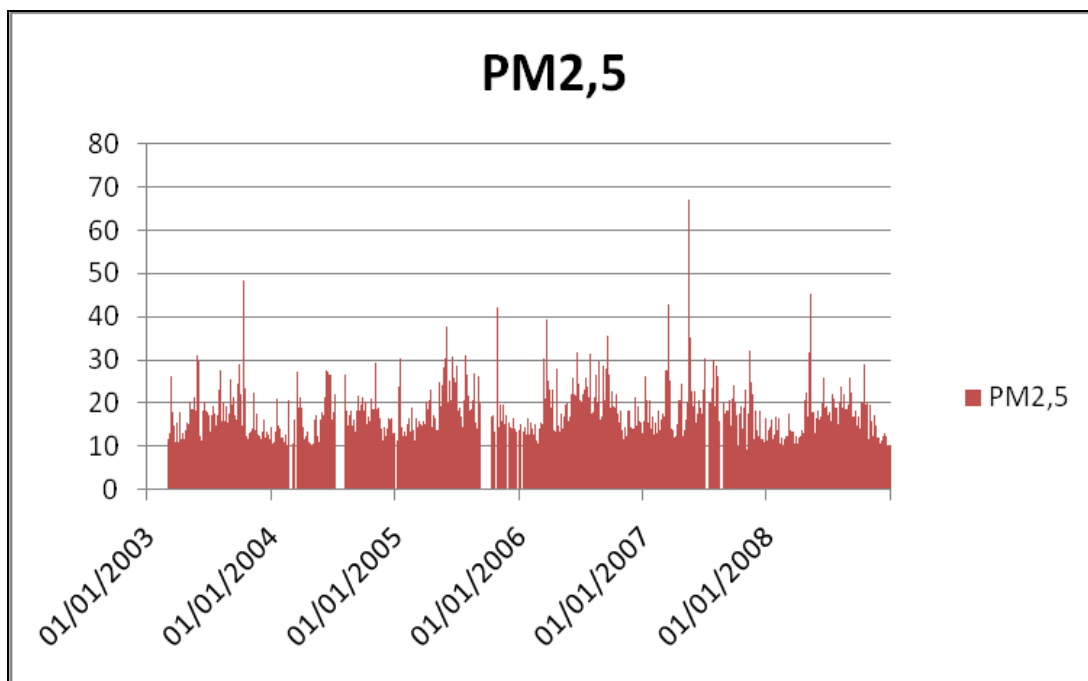
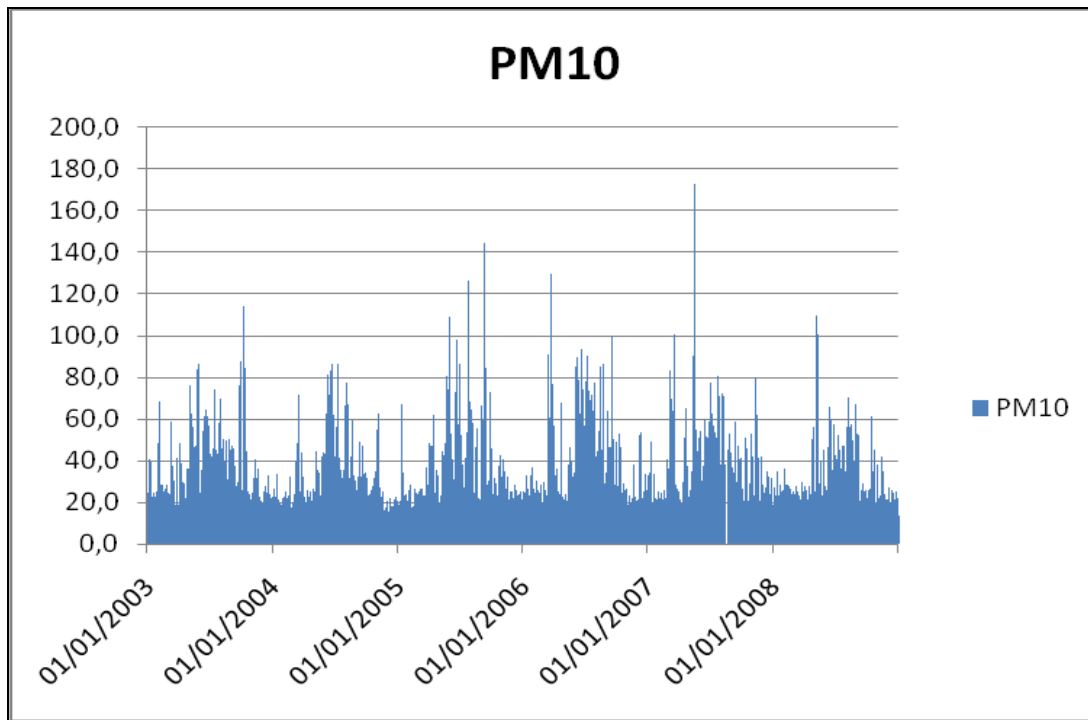


## Localisation des sites de mesures de la qualité de l'air , Cire AG.

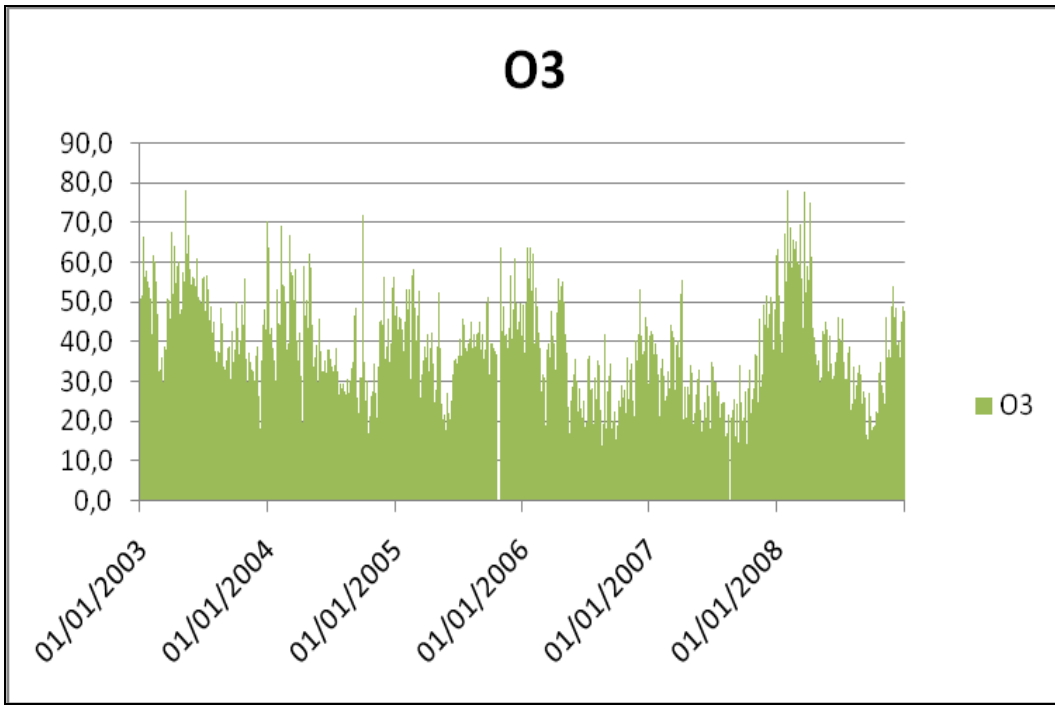


### Annexe 3: Période d'étude

Graphes de disponibilité des moyennes journalières par indicateur de pollution pour la période d'étude sélectionnée.







## **Annexe 4: Sélection des stations de mesure de la qualité de l'air**

### **❖ Dioxyde d'azote**

**Distribution des concentrations journalières moyennes en NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en fonction du site de mesure, 2003-2008, Madininair.**

| <b>Site de mesure</b> | <b>Musée d'histoire</b> | <b>Lamentin Bas Mission</b> | <b>Bourg de Schoelcher</b> | <b>Avenue Maurice Bishop</b> |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Type de station       | Urbaine                 | Urbaine                     | Urbaine                    | Urbaine                      |
| Moyenne               | 10,7                    | 13,6                        | 9,5                        | 18,7                         |
| Centile 25            | 7,6                     | 9,5                         | 6,7                        | 13,8                         |
| Centile 75            | 13,1                    | 17,2                        | 11,8                       | 22,3                         |
| Minimum               | 0,7                     | 0,9                         | 1,6                        | 3,7                          |
| Maximum               | 35,9                    | 38,2                        | 28,4                       | 51,1                         |
| Ecart-type            | 4,8                     | 5,6                         | 3,8                        | 6,8                          |
| Médiane               | 10,2                    | 13,5                        | 8,9                        | 17,8                         |
| % valeurs manquantes  | 8                       | 20                          | 17                         | 14                           |
| Mesures manquantes    | 178                     | 429                         | 362                        | 299                          |

## Coefficient de corrélation entre les stations pour le NO2.

|                       | Musée d'histoire | Lamentin Bas Mission | Avenue Maurice Bishop | Bourg de Schoelcher |
|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Musée d'histoire      | 1,00             | 0,46                 | 0,36                  | 0,48                |
| Lamentin Bas Mission  |                  | 1,00                 | 0,47                  | 0,43                |
| Avenue Maurice Bishop |                  |                      | 1,00                  | 0,44                |
| Bourg de Schoelcher   |                  |                      |                       | 1,00                |

## ❖ Ozone

Distribution des maximums journaliers des moyennes sur 8 heures en ozone ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en fonction du site de mesure, 2003-2008, Madinainair.

| Site de mesure       | Musée d'histoire | Lycée Schoelcher |
|----------------------|------------------|------------------|
| Type de station      | Urbaine          | Périurbaine      |
| Moyenne              | 33               | 34               |
| Centile 25           | 24               | 23               |
| Centile 75           | 40               | 43               |
| Minimum              | 4                | 7                |
| Maximum              | 86               | 78               |
| Ecart-type           | 13               | 14               |
| Médiane              | 32               | 33               |
| % valeurs manquantes | 8                | 17               |
| Mesures manquantes   | 168              | 366              |

❖ **Les poussières d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres (PM<sub>10</sub>)**

Distribution des concentrations journalières moyennes en PM10 (µg/m<sup>3</sup>) en fonction du site de mesure, 2003-2008, Madinainair.

| Site de mesure       | Musée d'histoire | Lamentin Bas Mission | Bourg de Schoelcher | Avenue Maurice Bishop |
|----------------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Type de station      | Urbaine          | Urbaine              | Urbaine             | Urbaine               |
| Moyenne              | 27               | 29,9                 | 27,7                | 33,8                  |
| Centile 25           | 16               | 19,4                 | 17,1                | 23,4                  |
| Centile 75           | 32               | 34,8                 | 33,2                | 38,7                  |
| Minimum              | 7                | 8,4                  | 7,9                 | 11,8                  |
| Maximum              | 165              | 172,6                | 151,5               | 179,9                 |
| Ecart-type           | 16,1             | 16,8                 | 16,7                | 16,3                  |
| Médiane              | 21               | 24,4                 | 21,2                | 28,5                  |
| % valeurs manquantes | 5                | 13                   | 4                   | 8                     |
| Mesures manquantes   | 99               | 280                  | 98                  | 173                   |

**Coefficient de corrélation entre les stations pour les PM10.**

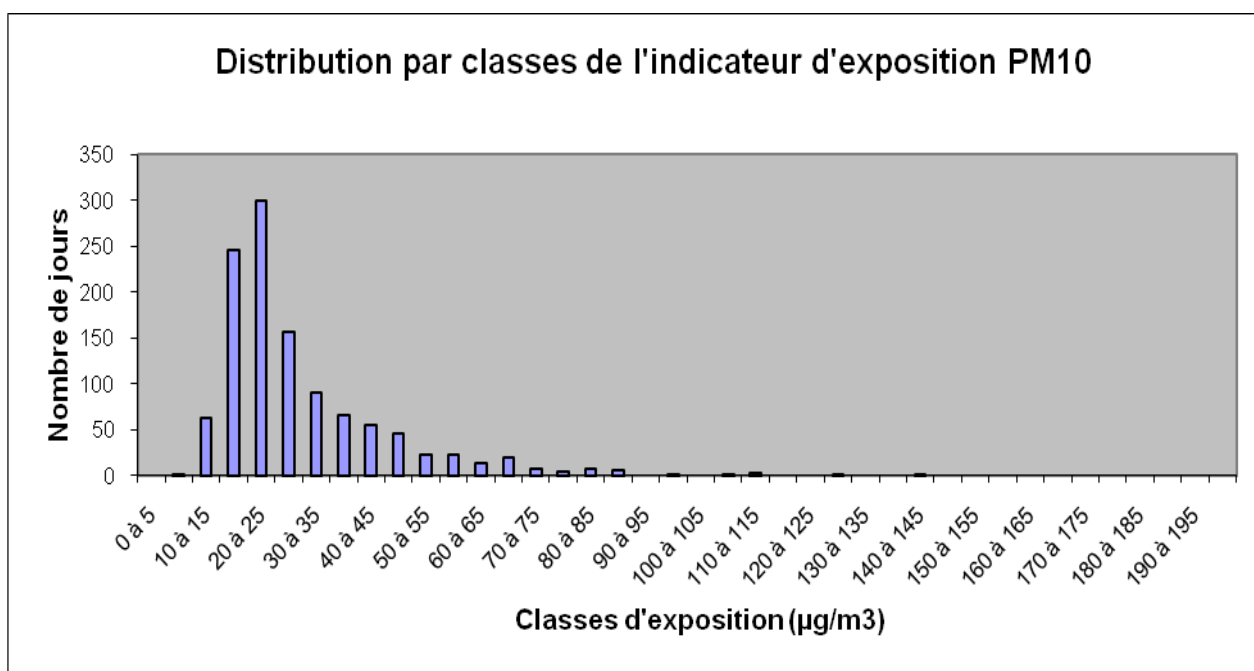
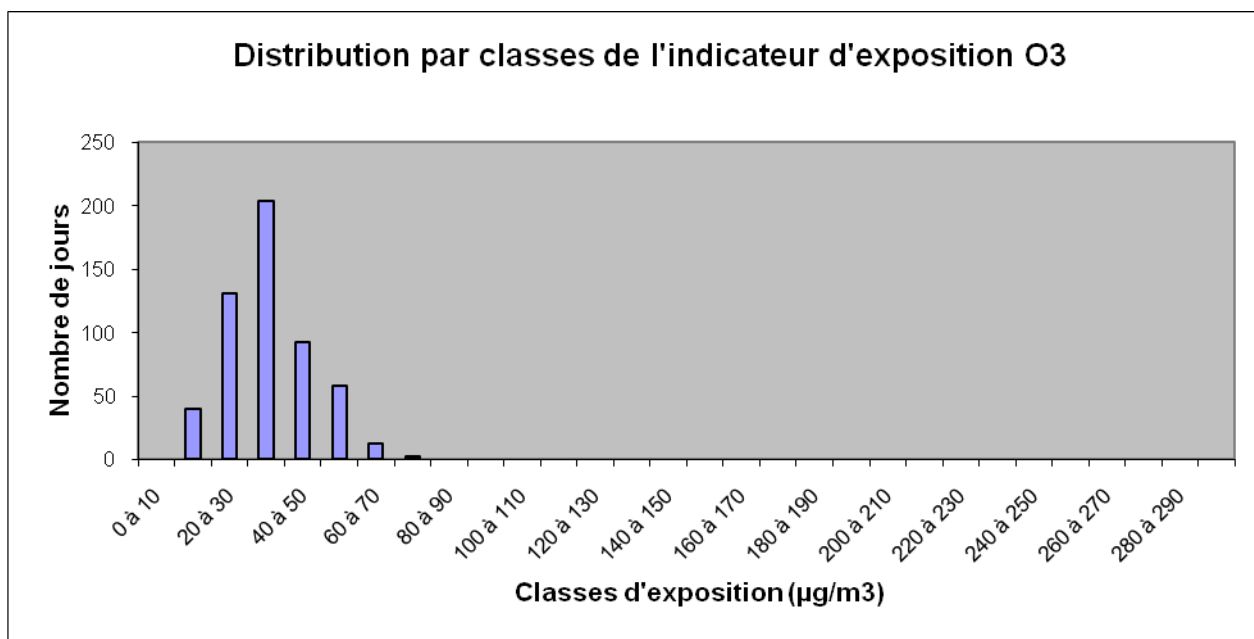
|                              | <b>Musée d'histoire</b> | <b>Lamentin Bas Mission</b> | <b>Bourg de Schoelcher</b> | <b>Avenue Maurice Bishop</b> |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Musée d'histoire</b>      | 1,00                    | 0,97                        | 0,97                       | 0,96                         |
| <b>Lamentin Bas Mission</b>  |                         | 1,00                        | 0,96                       | 0,95                         |
| <b>Bourg de Schoelcher</b>   |                         |                             | 1,00                       | 0,96                         |
| <b>Avenue Maurice Bishop</b> |                         |                             |                            | 1,00                         |

❖ **Les poussières d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 micromètres (PM<sub>2,5</sub>)**

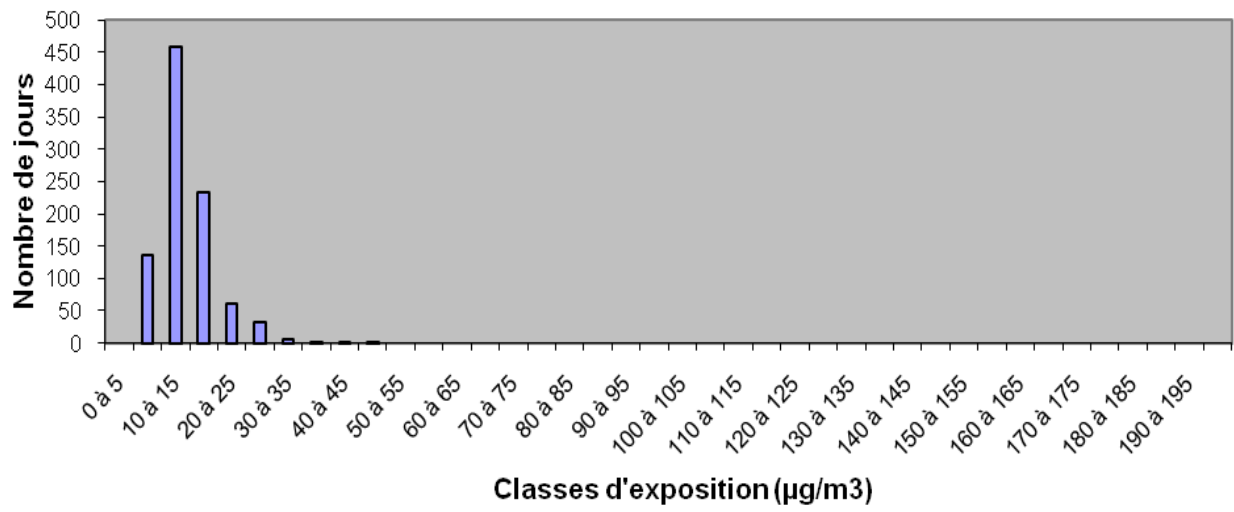
Distribution des concentrations journalières moyennes en PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) à la Station avenue Bishop, 2003-2008, Madinainair.

| Site de mesure       | Avenue Maurice Bishop |
|----------------------|-----------------------|
| Type de station      | Urbaine               |
| Moyenne              | 14,7                  |
| Centile 25           | 11,2                  |
| Centile 75           | 16,9                  |
| Minimum              | 5,2                   |
| Maximum              | 66,9                  |
| Ecart-type           | 5,2                   |
| Médiane              | 13,5                  |
| % valeurs manquantes | 11                    |
| Mesures manquantes   | 235                   |

## Annexe 5 : Distribution par classes des différents indicateurs



### Distribution par classes de l'indicateur d'exposition PM2,5





## Annexe 6 : valeurs guides de la qualité de l'air OMS

### Les recommandations de l'OMS.

Valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé de 2000 et depuis 2006 pour les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. Les valeurs sont en microgrammes par mètre cube d'air.

| Polluants          | Durée d'exposition |       |       |         |          |  |         | Année | UR Vie<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> |
|--------------------|--------------------|-------|-------|---------|----------|--|---------|-------|--|
|                    | 10 mn              | 15 mn | 30 mn | 1 heure | 8 heures | 24 heures                                      | Semaine |       |  |
| Particules (PM10)  |                    |       |       |         |          | 50<br>à ne pas dépasser plus de 3 jours par an |         | 20    |  |
| Particules (PM2,5) |                    |       |       |         |          | 25<br>à ne pas dépasser plus de 3 jours par an |         | 10    |  |
| Dioxyde d'azote    |                    |       |       | 200     |          |  |         | 40    |  |
| Ozone              |                    |       |       |         | 100      |  |         |       |  |

UR Vie : risque additionnel de développer un cancer (dont le type dépend du composé) au cours d'une vie (soit 70 ans), pour une population hypothétiquement exposée continuellement à une concentration de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  du composé considéré dans l'air respiré. Par exemple, une personne exposée continuellement à  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de benzène tout au long de sa vie aura  $1 + 6.10^{-6} = 1.000006$  fois plus de probabilité de développer un cancer qu'une personne non exposée.

## Annexe 7 : Evaluation de l'impact sanitaire : résultats

### 1. RR de référence (logiciel EIS-PA 2.0)

| RR       | Augmentation de : <b>10</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |           |         | Source    |                     |
|----------|---|-----------|---------|-----------|---------------------|
| Polluant | Indicateur  | Inférieur | Central | Supérieur |                     |
| PM10     | Mortalité toutes causes non accidentelles année       | 1,007     | 1,014   | 1,02      | PSAS9               |
| PM10     | Mortalité toutes causes non accidentelles, long terme | 1,026     | 1,043   | 1,061     | Etude tri-nationale |
| PM2,5    | Mortalité toutes causes non accidentelles année       | 1,008     | 1,015   | 1,021     | PSAS9               |

### 2. RR locaux issus du modèle de la Réunion

| RR       | Augmentation de : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$    |           |         |           |
|----------|--|-----------|---------|-----------|
| Polluant | Indicateur                                       | Inférieur | Central | Supérieur |
| PM10     | Mortalité toutes causes non accidentelles année  | 0.9787    | 0.9986  | 1.0189    |
| O3       | Mortalité toutes causes non accidentelles, année | 0,9636    | 0,9957  | 1.0289    |
| PM2,5    | Mortalité toutes causes non accidentelles année  | 0.9224    | 0.9850  | 1.0518    |

### 3. Résultats EIS

✓ PM10

| RESULTATS  | Pour la période |        |       |
|--|-----------------|--------|-------|
|  | NA              | IC 95% |       |
| "Impact sanitaire total"   | 60,83           | 30,19  | 87,47 |
| Scénario 1: Gain sanitaire attribuable à une suppression des niveaux supérieurs à <b>50</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 6,75            | 3,35   | 9,72  |
| Scénario 2 : Gain sanitaire attribuable à une diminution de <b>5%</b> des niveaux journaliers                        | 19,52           | 9,78   | 27,84 |

✓ PM2,5

| RESULTATS  | Pour la période |        |       |
|--|-----------------|--------|-------|
|  | NA              | IC 95% |       |
| "Impact sanitaire total"   | 22,12           | 11,80  | 30,97 |
| Scénario 1: Gain sanitaire attribuable à une suppression des niveaux supérieurs à <b>25</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0,58            | 0,31   | 0,82  |
| Scénario 2 : Gain sanitaire attribuable à une diminution de <b>5%</b> des niveaux journaliers                        | 17,24           | 9,21   | 24,11 |

✓ PM10 Long terme

| RESULTATS  | Pour la période |        |        |
|--|-----------------|--------|--------|
|  | NA              | IC 95% |        |
| Scenario 1 : réduction de la valeur moyenne annuelle à <b>20</b> µg/m3 | 231,62          | 140,02 | 328,66 |
| Scenario 2 : réduction de la valeur moyenne annuelle de <b>5</b> µg/m3 | 113,86          | 69,13  | 160,82 |

#### 4. Analyse de sensibilité : impact sanitaire pour la période 2003-2007

✓ PM10

| RESULTATS   | Pour la période |        |       |
|---|-----------------|--------|-------|
|   | NA              | IC 95% |       |
| "Impact sanitaire total"  | 60,10           | 29,83  | 86,42 |
| Scénario 1: Gain sanitaire attribuable à une suppression des niveaux supérieurs à <b>50</b> µg/m3 | 6,67            | 3,31   | 9,60  |
| Scénario 2 : Gain sanitaire attribuable à une diminution de <b>5%</b> des niveaux journaliers     | 19,28           | 9,66   | 27,51 |

✓ PM2,5

| RESULTATS  | Pour la période |        |       |
|--|-----------------|--------|-------|
|  | NA              | IC 95% |       |
| "Impact sanitaire total"   | 21,86           | 11,66  | 30,60 |
| Scénario 1: Gain sanitaire attribuable à une suppression des niveaux supérieurs à <b>25</b> µg/m3        | 0,58            | 0,31   | 0,81  |
| Scénario 2 : Gain sanitaire attribuable à une diminution de <b>5%</b> des niveaux journaliers de (µg/m3) | 17,04           | 9,10   | 23,82 |

|   |      |            |
|---|------|------------|
| MAHAMOUD YOUSOUF  | Ayan | 10/10/2011 |
| <b>Ingénieur du Génie Sanitaire</b><br>2010-2011  |      |            |
| <b>Extension of the air pollution and health surveillance program: feasibility of a health impact assessment of urban air pollution in Martinique</b>   |      |            |
| <p><b>Abstract:</b></p> <p>As part of the extension of the air pollution and health surveillance program (Psas), including the French overseas, and the establishment of a regional plan of air quality, a feasibility study of a health impact assessment (HIA) was undertaken by regional office of disease surveillance institute (Cire Antilles Guyane). The main aim of the present study was to check if Martinique satisfied the conditions necessary for the realization of this study, and if necessary, to list major obstacles.</p> <p>The study area, where population exposure to air pollution can be considered homogeneous, included Fort de France and its suburbs (150,746 inhabitants) except Saint-Joseph. Data on air quality, mortality and meteorology were collected over the period 2003-2008. The collection of morbidity data was evaluated. Finally, bibliographic search was undertaken to find exposure-response relationship transposable to the context of Martinique.</p> <p>The data required for the feasibility of a HIA are available and valid. However in the absence of local exposure-response relationship and given the uncertainties inherent in the use of relationships established elsewhere, the realization of a HIA is not recommended immediately in Martinique.</p> <p>Despite this fact, this study should allow the integration of Fort de France and its suburbs in the Psas whose purpose would be to study the short-term relationship between air pollution and mortality, taking into account the specific local climate and population.</p> |      |            |
| <p><b>Key words:</b></p> <p>air pollution and health surveillance program, Martinique, feasibility study, health impact assessment, air pollution, mortality</p>  |      |            |
| <p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>  |      |            |

MAHAMOUD YOUSOUF

Ayan

10/10/2011

## Ingénieur du Génie Sanitaire

2010-2011

### **Extension du programme de surveillance Air et Santé : Faisabilité d'une évaluation d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine en Martinique**

#### **Résumé :**

Dans le cadre de l'extension du programme de surveillance air et santé (Psas), notamment dans l'outremer français, et de la mise en place d'un plan régional de la qualité de l'air, une étude de faisabilité d'une évaluation d'impact sanitaire (EIS) a été entreprise par la Cire Antilles Guyane. L'objectif de ce travail était de vérifier si la Martinique satisfaisait les conditions nécessaires à la réalisation d'une EIS, et le cas échéant, d'en recenser les principaux obstacles.

La zone d'étude, où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être considérée comme homogène, inclut l'agglomération de Fort de France (150746 habitants) excepté Saint-Joseph. Les données relatives à la qualité de l'air, à la mortalité et à la météorologie ont été collectées sur la période 2003-2008. Le recueil des données de morbidité a été évalué. Enfin, des recherches bibliographiques ont été entreprises afin de trouver des relations exposition-risque transposables au contexte martiniquais.

Cette étude montre que les données nécessaires à la faisabilité d'une EIS sont disponibles et valides. Néanmoins en l'absence de relations exposition-risque locales et compte tenu des incertitudes inhérentes à l'utilisation de relations établies « ailleurs », la réalisation d'une telle étude n'est pas recommandée dans l'immédiat en Martinique.

En revanche, ce travail devrait permettre l'intégration de l'agglomération de Fort de France au Psas dont la finalité serait d'étudier les relations à court-terme entre les polluants atmosphériques et la mortalité totale à Fort de France tout en tenant compte des particularités climatiques et populationnelles locales.

#### **Mots clés :**

Programme de surveillance Air et Santé, Martinique, étude de faisabilité, évaluation d'impact sanitaire, pollution atmosphérique, mortalité

*L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.*