



HAL
open science

Effets à court terme des poussières de sable du Sahara sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe-à-Pitre (en 2011)

Rachel Tourrès de Rivoyre

► To cite this version:

Rachel Tourrès de Rivoyre. Effets à court terme des poussières de sable du Sahara sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe-à-Pitre (en 2011). Pneumologie et système respiratoire. 2016. dumas-01364700

HAL Id: dumas-01364700

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01364700>

Submitted on 14 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DES ANTILLES
ET DE LA GUYANE
2016

FACULTE DE MEDECINE
HYACINTHE BASTARAUD
N°2016ANTI0025

**Effets à court terme des poussières de sable du Sahara
sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux
urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre (en
2011)**

THESE

Présentée et soutenue publiquement à la Faculté de Médecine Hyacinthe BASTARAUD
des Antilles et de la Guyane
Et examinée par les Enseignants de la dite Faculté

Le 14 Avril 2016

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

Par

Rachel TOURRES épouse de RIVOYRE

Examineurs de la thèse :

Monsieur Guillaume THIERY

Professeur en médecine et Président du jury

Monsieur André-Pierre UZEL

Professeur en médecine

Monsieur Thierry DAVID

Professeur en médecine

Monsieur Gilbert CADELIS

Docteur en médecine et directeur de thèse

Professeurs des universités

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE



FACULTE DE MEDECINE HYACINTHE BASTARAUD

Présidente de l'Université : Corinne MENCE-CASTER
Doyen de la Faculté de Médecine : Raymond CESAIRE
Vice-Doyen de la Faculté de Médecine: Suzy DUFLO

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Serge ARFI

Médecine interne

CHU de FORT- DE - FRANCE

Tel : 05 96 55 22 55 - Fax : 05 96 75 84 45

Bruno HOEN

Maladies Infectieuses

CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES

Tel : 05 90 89 15 45

Pascal BLANCHET

Chirurgie Urologique

CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES

Tel : 05 90 89 13 95 - Fax 05 90 89 17 87

André-Pierre UZEL

Chirurgie Orthopédique et Traumatologie

CHU de POINTE-A-PITRE/ABYMES

Tel : 05 90 89 14 66 – Fax : 0590 89 17 44

Pierre COUPPIE

Dermatologie

CH de CAYENNE

Tel : 05 94 39 53 39 - Fax : 05 94 39 52 83

Thierry DAVID

Ophtalmologie

CHU de POINTE-A-PITRE/ABYMES

Tel : 05 90 89 14 55 - Fax : 05 90 89 14 51

Suzy DUFLO

ORL – Chirurgie Cervico-Faciale

CHU de POINTE-A-PITRE/ABYMES

Tel : 05 90 93 46 16

Eustase JANKY

Gynécologie-Obstétrique

CHU de POINTE-A-PITRE/ABYMES

Tel 05 90 89 13 89 - Fax 05 90 89 13 88

Georges JEAN-BAPTISTE

Rhumatologie

CHU de FORT- DE - FRANCE

Tel : 05 96 55 23 52 - Fax : 05 96 75 84 44

François ROQUES	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 22 71 - Fax : 05 96 75 84 38
Jean ROUDIE	Chirurgie Digestive CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 21 01 Tel : 05 96 55 22 71 - Fax : 05 96 75 84 38
Jean-Louis ROUVILLAIN	Chirurgie Orthopédique CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 22 28
André WARTER	Anatomopathologie CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 23 50
André CABIE	Maladies Infectieuses CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 23 01
Philippe CABRE	Neurologie CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 22 61
Raymond CESAIRE	Bactériologie-Virologie-Hygiène option virologie CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 24 11
Philippe DABADIE	Anesthésiologie/Réanimation CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES Tel : 05 96 89 11 82
Maryvonne DUEYMES-BODENES	Immunologie CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 24 24
Régis DUVAUFERRIER	Radiologie et imagerie Médicale CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 21 84
Annie LANNUZEL	Neurologie CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES Tel : 05 90 89 14 13
Louis JEHEL	Psychiatrie Adulte CHU de FORT- DE - FRANCE Tel : 05 96 55 20 44
Mathieu NACHER	Epidémiologie CH de CAYENNE Tel : 05 94 93 50 24
Guillaume THIERY	Réanimation CHU de POINTE-A-PITRE/BYMES Tel : 05 90 89 17 74
Magalie DEMAR	Parasitologie et Infectiologue CH de CAYENNE Tel : 05 94 39 53 09
Vincent MOLINIE	Anatomie Cytologie Pathologique

Philippe KADHEL

CHU de FORT DE FRANCE
Tel : 05 96 55 20 85/55 23 50
Gynécologie-Obstétrique
CHU de POINTE-A-PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 80

Jeannie HELENE-PELAGE

Médecine Générale
Cabinet libéral au Gosier
Tel : 05 90 84 44 40 - Fax : 05 90 84 78 90

Professeurs des Universités Associé

Karim FARID

Médecine Nucléaire
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 - Fax : 05 96

Maître de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers

Christophe DELIGNY

Gériatrie et biologie du vieillissement
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 22 55

Jocelyn INAMO

Cardiologie
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 23 72 - Fax : 05 96 75 84 38

Franciane GANE-TROPLENT

Médecine générale
Cabinet libéral les Abymes
Tel : 05 90 20 39 37

Fritz-Line VELAYOUDOM épouse CEPHISE

Endocrinologie
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 03

Marie-Laure LALANNE-MISTRIH

Nutrition
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 00

Sébastien BREUREC

Bactériologie & Vénérologie
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 12 80

Narcisse ELENGA

Pédiatrie
CH de CAYENNE
Tel : 05 94

Chefs de Clinique des Universités - Assistants des Hôpitaux

Rémi EYRAUD

Urologie
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 95

MARY Julia

Rhumatologie
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 23 52

MOINET Florence

Rhumatologie et Médecine Interne
CHU de FORT- DE - FRANCE

Tel : 05 96 55 22 55

Philippe CARRERE

Médecin Générale
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel :

DE RIVOYRE Benoit

Ophthalmologie
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 14 50

SEVERYNS Mathieu

Orthopédie
CHU de FORT –DE- FRANCE
Tel : 05 90 55 22 28

DELAIGUE Sophie

Dermatologie – Maladies Infectieuses
CH de CAYENNE
Tel : 05 94 39 53 39

Katlyne POLOMAT

Médecine interne
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 22 55

BORJA DE MOZOTA Daphné

Gynécologie Obstétrique
CHU de POINTE- À –PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 19 89

ROSE-DITE MODESTINE Johan

Urologie
CHU de POINTE- À –PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 95

JACQUES-ROUSSEAU Natacha

Anesthésiologie/Réanimation
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 96 89 11 82

GUILLE Jérémy

ORL et Chirurgie Maxillo Faciale
CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES
Tel : 05 90 89 13 95

BLETTERY Marie

Rhumatologie 5D
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 23 52 - Fax : 05 96 75 84 44

SCHOELL Thibaut

Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
CHU de FORT- DE - FRANCE
Tel : 05 96 55 22 71 - Fax : 05 96 75 84 38

SAJIN Ana Maria

Psychiatrie

CHU de FORT- DE - FRANCE

Tel : 05 96 55 20 44

GHASSANI Ali

Gynécologie Obstétrique

CHU de POINTE- À -PITRE/ABYMES

Tel : 0590 89 19 89

BRUNIER-AGOT Lauren

Rhumatologie

CHU de FORT- DE - FRANCE

Tel : 05 96 55 23 52

GALLI-DARCHE Paola

Neurologie

CHU de FORT- DE - FRANCE

CHARMILLON Alexandre

Maladies Infectieuses

CH de CAYENNE

Tel : 05 94 39 53 39

Professeurs EMERITES

Bernard CARME

Parasitologie

CHARLES-NICOLAS Aimé

Psychiatrie Adulte

Remerciements

A Monsieur le Professeur Guillaume THIERY,

Vous me faites l'honneur de présider le jury de ma thèse, je vous remercie de l'attention que vous avez portée à ce travail. Recevez ici l'expression de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur André-Pierre UZEL,

Vous avez accepté de juger ce travail, recevez mes remerciements sincères pour tout ce que j'ai pu apprendre dans votre service.

A Monsieur le Professeur Thierry DAVID,

C'est un honneur de vous compter parmi mon jury de thèse, veuillez trouver ici le témoignage de toute ma gratitude.

A Monsieur le Docteur Gilbert CADELIS,

Vous m'avez confié ce sujet au tout début de mon internat, je vous remercie de la confiance que vous m'avez témoignée au cours de ce travail, de votre patience et accompagnement tout au long de la rédaction de cette thèse.

Cette thèse est l'aboutissement d'un parcours, de rencontres et d'expériences qui ont jalonné ces années d'étude, difficile pour moi de n'oublier personne tant ces années ont été riches. J'aimerais toutefois adresser mes sincères remerciements :

Aux professeurs Tonetti, Vanzetto, Payen de la Garanderie, Benabid ainsi que toutes les équipes qui m'ont formée pendant mon externat au CHU de Grenoble et en particulier le Docteur Bosseray, les Professeurs Brichon et Chaffanjon, ainsi que l'équipe de réanimation cardio-thoracique du CHU de Grenoble

Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance.

A l'équipe de Pédiatrie du CHU de Pointe à Pitre

Qui m'a permis d'apprécier plus tôt que d'appréhender le travail au contact des enfants.

Aux Docteurs Criquet-Hayot et Léoture, à Madame Darsoulan

Pour tout ce qu'ils m'ont appris de la médecine libérale.

Au Professeur Janky et à tous les médecins du service de gynécologie du CHU de Pointe à Pitre

Qui ont eu la patience de me former en gynécologie.

Au Professeur Uzel et tous les chirurgiens du service d'orthopédie et médecine du sport du CHU de Pointe à Pitre, au Docteur Favérial, ainsi qu'au Docteur Poullain et toute l'équipe du service de radiologie du CHU de Pointe à Pitre

Pour tout ce qu'ils m'ont appris en médecine du sport.

A Omar,

Pour tous tes conseils bienveillants et ton amitié.

A Benoît mon amour,

Je n'aurai pas assez de place pour t'exprimer toute ma reconnaissance. Merci d'avoir osé ce pari de me rejoindre à Grenoble pour cette année si particulière de l'ECN, je ne sais pas ce qu'elle aurait été s'il en avait été autrement mais je sais qu'à deux on a amorti les turbulences. Je passe sur l'internat et ses réjouissances, mémoire, portfolio, rapports de stage, où tu as toujours su me booster et me donner le courage de me donner à fond. Et puis, LA thèse, tu as supporté mon stress, mon rythme infernal et mon sens particulier du rangement pendant cette dernière ligne droite. Merci pour ta présence, ton soutien indéfectible, tes conseils et ton optimisme à toute épreuve. Cette fois c'est fini, même si j'apprends le russe ou que je reprends mon DU de mécanique céleste, c'est promis il n'y aura pas d'autre thèse ! Alors merci pour tout ça, merci d'être un papa idéal et un mari au top. Je t'aime.

A Thomas,

Mon petit bonhomme de ma vie, mon tourbillon de bonheur. Toi aussi tu as traversé les dernières épreuves que nous réservaient nos études. Non pas que tu m'aies beaucoup aidé dans la rédaction de ce travail, mais pour tout ce que tu m'apportes tous les jours. Je t'aime plus que tout.

A mes parents que j'aime tant.

Maman, je pense que tu es prête pour des études de médecine, de la P1 à cette thèse, tu as toujours été là pour me redonner confiance, me faire réciter, me corriger. Merci pour TOUT.

Papa, merci pour ton soutien, ton bon sens et ta zénitude, je t'ai souvent sollicité en période critique car tu as cette capacité à calmer le stress, à faire relativiser. Tu n'imagines pas combien de fois ces petites phrases, naturelles pour toi m'ont permis de passer un cap. Merci du fond du cœur.

Roger, merci pour tes précieux conseils y compris lors de mes premiers remplacements. Merci pour ton soutien sans faille tout au long de ces études, et pour tout le reste. Un beau-père hors pair.

A ma sœur chérie

Nanou, pour toi aussi je pourrais écrire un roman. Des tempêtes de neige à notre escapade à Monaco en passant par nos fous rires renversants, que de souvenirs heureux ! Merci pour tes relectures aussi efficaces que rapides et ce malgré le décalage horaire... maintenant tu devrais être tranquille pour un bon moment !

A mes frères adorés Lucien, Julien, Nathan et Léo,

Des rayons de soleil, vous me manquez.

A papy et mamie,

Pour toutes ces choses que vous m'apportez depuis toujours.

A Hélène

Pour tes relectures professorales. Je regrette d'être si loin, j'aimerais tant vous voir plus...

A toute ma famille,

Tatie, la meilleure des nounous et Crystal que j'attends impatiemment de l'autre côté de l'Atlantique ! Ma famille de Sigoyer et d'Espagne, loin des yeux mais près du cœur.

A mes étoiles, mes deux mémés

Je pense à vous souvent, vous me manquez.

A ma belle-famille « qui déchire »

Anne, Pascal, Romain, Clémence, Jérôme, Arthur et Margaux que j'ai toujours plaisir à retrouver.

A mes amis

Le noyau dur, Marion, Audrey et Romain, ma vie n'aurait pas été aussi heureuse sans vous, il est impossible de résumer en quelques lignes les fous rires et bons moments passés avec vous tant ils sont nombreux. Pourvue que ça dure !

A Faustine, Philou mes copains de poussette.

A Carole, du lycée à la P1 une passion commune et un maître mot : se serrer les coudes !

A Amaury, Laura, Alix et Zoé, pour tous ces bons moments (trop rares) passés à vos côtés.

Aux Grenoblois, Mouth, Mathieu et Yoana (bon, presque Grenobloise), Floriane, Cécile, Champi, Frida, Claire, Aurore et tous les autres, je ne peux évoquer mes années fac sans penser à vous. Toujours au rendez-vous pour une soirée med', un apéro, un cham' ou un frère Berthom qui m'ont fait oublier la grisaille de ce qui était déjà le Nord pour moi.

Aux Antillais, notre deuxième famille outre Atlantique : Pauline, Cyril et Andréa, Elod et Vincent (et Léon), Lucie, Tania, Esther et JB, Greg et Helyette. Je me revois encore partager avec vous ces premières fois si particulières et si marquantes de la vie d'un interne, premiers gestes, premières victoires, premières prescriptions, premiers échecs, premières gardes mais aussi beaucoup de bonheur, d'apéros, de soirées déguisées, de sorties bateau. Vous avez rendu mon internat inoubliable.

A tous ceux qui se reconnaîtront pour avoir partagé un petit bout de chemin avec moi,
Merci !

Résumé

Titre :

Effets à court terme des poussières de sable du Sahara sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre (en 2011).

Introduction

La prévalence de l'asthme chez l'enfant est importante dans les Caraïbes. Parmi les facteurs étiologiques d'exacerbation d'asthme chez l'enfant, la pollution de l'environnement occupe une place conséquente. En Guadeloupe, la pollution est essentiellement apportée par les poussières du Sahara qui comportent des particules inhalables dont les taux dépassent durant plusieurs jours les valeurs limites autorisées pour la protection de la santé.

Matériel et méthode

Cette étude évalue sur un an (2011) les effets à court terme des polluants PM₁₀ (PM₁₀: particulate matter <10µm) et PM_{2.5-10} (PM_{2.5-10}: particulate matter >2.5 µm et<10µm) contenus dans les poussières du Sahara sur les visites des enfants âgés de 5 à 15 ans pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du principal établissement sanitaire de l'archipel de la Guadeloupe. Un modèle cas-croisé stratifié sur le temps a été appliqué, pour les périodes avec et sans poussière du Sahara, et les données ont été analysées par une régression logistique conditionnelle pour l'ensemble des enfants mais aussi pour les sous-groupes de classe d'âge et de genre.

Résultats

Durant la période étudiée, les visites pour asthme ont concerné 836 enfants dont 514 garçons et 322 filles. Les poussières du Sahara ont affecté 15% des jours de l'étude (337 jours) et se sont accompagnées d'une élévation des concentrations moyennes journalières des PM₁₀ (49.7 µg/m³ vs 19.2 µg/m³ les jours sans poussières) et des PM_{2.5-10} (36.2 µg/m³ vs 10.3 µg/m³ les jours sans poussière). Le pourcentage d'excès de risque (IR%) des visites pour asthme des enfants âgés de 5 à 15 ans les jours de poussière comparativement aux jours sans poussière était pour les PM₁₀ de IR % = 9.1% (95% CI, 7.1%- 11.1%) versus 1.1%(95% CI, -5.9%- 4.6%) et pour les PM_{2.5-10} IR% = 4.5% (95% CI, 2.5%-6.5%) versus 1.6%(95% CI, -1.1%-3.4%). Les enfants de 5 à 8 ans ont été plus sensibles aux PM₁₀ contenus dans les poussières que les adolescents de 12 à 15 ans (IR %: 9.5% versus 8%). Pour les garçons comparativement aux filles l'IR était de 7.2% (versus 4.6 %) pour les PM₁₀ et de (7.8 % versus 5.1%) pour les PM_{2.5-10}.

Conclusion

Les polluants PM₁₀ et PM_{2.5-10} contenus dans les poussières du Sahara ont augmenté le risque de visite aux urgences pédiatriques pour asthme en Guadeloupe sur la période étudiée.

Mots clés : exacerbation d'asthme, particules fines, brumes de sable du Sahara, urgences pédiatrique.

Abstract

Background

The prevalence of asthma in children is a significant phenomenon in Caribbean. Among the etiologic factor aggravating asthma children, environmental pollution is one of main causes. In Guadeloupe, pollution is primarily transported by Saharan dust including inhalable particles.

Methods

This study assesses, over one year (2011), the short term effects of pollutant referred to as PM₁₀ (PM₁₀: particulate matter <10µm) et PM_{2.5-10} (PM_{2.5-10}: particulate matter 2.5 and <10 µm) contained in Saharan dust, on the visits of children aged between 5 and 15 years for asthma in the health emergency department of the main medical facility of archipelago of Guadeloupe. A time-stratified case-crossover model was applied and the data were analysed by a conditional logistic regression for all of the children but also for sub-groups corresponding to different age classes and genders.

Results

The visits for asthma concerned 836 children including 514 boys and 322 girls. The Saharan dust has affected 15% of the day of the study (337 days) and involved an increase in the average daily concentrations of PM₁₀ (49.7 µg/m³ vs. 19.2 µg/m³) and PM_{2.5-10} (36.2 µg/m³ vs. 10.3 µg/m³) compared with days without dust. The excess risk percentages (IR%) for visits related to asthma in children aged between 5 and 15 years on days with dust compared to days without dust were, for PM₁₀ (IR%: 9.1% (CI 95%, 7.1%-11%) versus 1.1 % (CI 95%, -5.9%-4.6%) and for PM_{2.5-10} IR%: 4.5% (CI 95%, 2.5%-6.5%) versus 1.6% (CI 95%, -1.1%-3.4%). There was no statistical difference in the IR% for periods with Saharan dust among different age group of children and between boys and girl for PM_{2.5-10} and PM₁₀.

Conclusion

The PM_{2.5-10} and PM₁₀ pollutants contained in the Saharan dust increased the risk of visiting the health emergency department for children with asthma in Guadeloupe during the study period.

Key words :asthma exacerbation, particulate matter, Saharan dust, pediatric emergency department.

TABLE DES MATIERES

PROFESSEURS DES UNIVERSITES	2
REMERCIEMENTS.....	7
RESUME	13
ABSTRACT	14
TABLE DES FIGURES	16
LISTE DES TABLEAUX.....	16
ABREVIATIONS.....	17
PARTIE I	18
I. ASTHME CHEZ L'ENFANT	18
1. <i>Définition (1).....</i>	18
2. <i>Définition et physiopathologie de l'exacerbation.....</i>	18
3. <i>Diagnostic de l'exacerbation chez l'enfant (4)(5).....</i>	20
4. <i>Diagnostics différentiels de l'exacerbation chez l'enfant.....</i>	20
5. <i>Epidémiologie.....</i>	21
6. <i>Conséquences socio-économiques</i>	24
II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET METEOROLOGIE.....	25
1. <i>Contexte géographique.....</i>	25
2. <i>Mécanique des vents (19)(20)(21).....</i>	26
3. <i>Genèse des brumes de sable</i>	29
III. GRANULOMETRIE.....	31
PARTIE II	34
EFFETS A COURT TERME DES POUSSIERES DE SABLE DU SAHARA SUR LES CONSULTATIONS POUR EXACERBATION D'ASTHME AUX URGENCES PEDIATRIQUES DU CHU DE POINTE A PITRE (EN 2011) 34	34
1. INTRODUCTION	34
2. MATERIELS ET METHODES	35
1 Statut éthique.....	35
2 Zone d'étude	35
3 Population étudiée	35
4 Données d'exposition.....	36
5 Analyse statistique.....	37
3. RESULTATS.....	39
1 Population étudiée.....	39
2 Données sur les niveaux des polluants étudiés, les variables climatiques, périodes de grippe et périodes d'émission maximale des pollens.....	41
Les polluants	41
Les variables climatiques	43
Les pollens.....	43
Epidémie grippale	43
3 Relation entre les passages de vent de sable du Sahara et visites aux urgences pédiatriques pour asthme.	44
4. DISCUSSION	51
5. CONCLUSION :	57
BIBLIOGRAPHIE.....	58
SERMENT D'HIPPOCRATE.....	63
IMPRIMATUR.....	64
ARTICLE PLOS ONE	64

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : PREVALENCE DE L'ASTHME SELON L'AGE ET LE SEXE	22
FIGURE 2 : TAUX STANDARDISE D'HOSPITALISATION POUR ASTHME CHEZ LES MOINS DE 15 ANS EN FRANCE DE 1998 A 2014	22
FIGURE 3 : TAUX STANDARDISE DE MORTALITE PAR ASTHME, ENFANTS ET ADULTES < 45 ANS EN FRANCE METROPOLITAINE 1990-1999 2000-2012	23
FIGURE 4 : MOYENNE MENSUELLE DES DONNEES METEOROLOGIQUES (TEMPERATURE ET PRECIPITATIONS) DE LA STATION DU RAIZET POUR L'ANNEE 2012, CONSULTE SUR METEOFRANCE.GP	25
FIGURE 5 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA GUADELOUPE DANS LE MONDE	26
FIGURE 6 : EFFETS DE LA FORCE DE CORIOLIS SUR LA TRAJECTOIRE DES MASSES D'AIR AU SEIN DES DEPRESSIONS (D) ET DES ANTICYCLONES (A) DANS L'HEMISPHERE NORD	27
FIGURE 7 : MODELISATION DE L'EFFET DE LA FORCE DE CORIOLIS SUR LE DEPLACEMENT DES MASSES D'AIR A L'ECHELLE DE LA PLANETE.....	27
FIGURE 8 : MODELISATION DU DEPLACEMENT DU ZENITH AU COURS DES SAISONS ET INCIDENCE DES RAYONS EN FONCTION DE LA LATITUDE	28
FIGURE 9 : SCHEMATISATION DU MOUVEMENT ASCENDANT DE L'AIR CHAUD.....	29
FIGURE 10 : PHOTO DE LA COTE NORD-OUEST DE L'AFRIQUE VISUALISANT UNE TEMPETE DE SABLE DU SAHARA PRISE (A 705 KM D'ALTITUDE) PAR LE SATELLITE SEAWIFS (NASA) LE 28/02/2000.....	31
FIGURE 11 TAILLE ET DYNAMIQUE DES PARTICULES ATMOSPHERIQUES DANS L'ORGANISME HUMAIN.....	32
FIGURE 12 : FREQUENCE DES VISITES POUR EXACERBATION D'ASTHME AUX URGENCES PEDIATRIQUES DU CHU DE POINTE A PITRE PAR MOIS PENDANT LA PERIODE ETUDIEE	39
FIGURE 13 : CONCENTRATIONS JOURNALIERES MOYENNES EN PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , SO ₂ ET O ₃ POUR L'ANNEE 2011 EN GUADELOUPE.....	41
FIGURE 14 : POURCENTAGE D'EXCES DE RISQUE (IR%) DE VISITE POUR EXACERBATION D'ASTHME AUX URGENCES PEDIATRIQUES POUR UNE AUGMENTATION DE 10µG/M ³ DES PM ₁₀ A (LAG 0) ET (LAG 0-1) POUR L'ENSEMBLE DES ENFANTS ET POUR CHAQUE TRANCHE D'AGE	46
FIGURE 15 : POURCENTAGE D'EXCES DE RISQUE DE VISITE POUR EXACERBATION D'ASTHME AUX URGENCES PEDIATRIQUES POUR UNE AUGMENTATION DE 10µG/M ³ DES PM _{2,5-10} A (LAG 0) ET (LAG 0-1) POUR L'ENSEMBLE DES ENFANTS ET POUR CHAQUE TRANCHE D'AGE.....	46
FIGURE 16 : POURCENTAGES D'EXCES DE RISQUE (AVEC IC 95%) DE VISITES POUR EXACERBATION D'ASTHME PAR GENRE, POUR L'ENSEMBLE DES ENFANTS (5-15ANS) ET POUR UNE AUGMENTATION DE 10µG/M ³ DES POLLUANTS PM ₁₀ ET PM _{2,5-10} A LAG 0 LORS DES PERIODES AVEC BRUMES DU SAHARA	50

Liste des Tableaux

TABEAU 1 : NOMBRE DE CONSULTATIONS POUR EXACERBATION D'ASTHME AUX URGENCES PEDIATRIQUES PENDANT ET EN DEHORS DES BRUMES DE SABLE DU SAHARA.....	40
TABEAU 2 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES PARTICULES, GAZ POLLUANTS ET VARIABLES METEOROLOGIQUES PENDANT ET HORS PERIODE DE BRUMES DE SABLE	42
TABEAU 3 : ASSOCIATION ENTRE VISITES AUX URGENCES PEDIATRIQUES ET PM ₁₀ ET PM _{2,5-10} A (LAG 0).....	44
TABEAU 4: ASSOCIATION (OR) ENTRE VISITES AUX URGENCES PEDIATRIQUES ET PM ₁₀ OU PM _{2,5-10} A (LAG 0-1)	45

ABREVIATIONS

CHU	Centre Hospitalier Universitaire
IgE	Immunoglobuline E
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM	Particulate Matter
PNN	PolyNucléaire Neutrophile
RGO	Reflux Gastro Œsophagien

PARTIE I

I. Asthme chez l'enfant

1. Définition(1)

L'asthme est une maladie inflammatoire chronique des voies aériennes associant hyperréactivité bronchique et obstruction réversible des voies aériennes de tous calibres. S'il existe un niveau inflammatoire de base plus ou moins important, l'évolution de la maladie est émaillée d'épisodes d'exacerbation avec dyspnée sifflante liée à l'obstruction bronchique et pouvant aller jusqu'à la détresse respiratoire.

2. Définition et physiopathologie de l'exacerbation

Le bronchospasme est une obstruction des voies aériennes de différents calibres, réversible, due à la contraction du muscle lisse. Sa traduction clinique est une diminution du débit expiratoire. Du fait de l'hyperréactivité bronchique (liée à une inflammation latente), certains facteurs comme les infections virales, les allergènes ou tout autre irritant physique (air froid et sec) ou chimique (tabac, pollution) de la muqueuse bronchique, vont entraîner une hyper contraction pathologique de ce muscle lisse.

Parallèlement à la diminution du diamètre endoluminal des bronches, l'inflammation locale va accentuer l'obstruction par un œdème pariétal et une hypersécrétion bronchique.

Les manifestations cliniques de ces phénomènes sont la toux, les sifflements expiratoires et une gêne respiratoire survenant préférentiellement la nuit. Sans les détailler, les traitements, associés à l'éducation thérapeutique et à l'éviction des facteurs déclenchants ont pour objectif la réduction voire la suppression de ces symptômes.

Les épisodes d'exacerbation sont imprévisibles, néanmoins, il existe des facteurs favorisants :

- intrinsèques (prédisposition génétique, corpulence, sexe, antécédents familiaux, allergies, facteurs hormonaux)
- extrinsèques :
 - les agents irritants : le tabagisme actif ou passif, la pollution dont les pics sont corrélés à une augmentation des hospitalisations(2),
 - les infections de l'arbre respiratoire,
 - les pneumallergènes : ils entraînent une réponse immunitaire anormale, médiée par les IgE. La taille de l'allergène a une influence majeure sur la réponse qu'il génère. En effet, plus il est petit, plus il se déposera en distalité dans l'arbre bronchique. Parmi ces allergènes, on retrouve les acariens, les pollens, les moisissures, les phanères d'animaux, certains produits volatils ou solvants (pouvant être responsables d'asthme professionnel) (3).
 - l'exercice physique.

3. Diagnostic de l'exacerbation chez l'enfant(4)(5)

L'exacerbation d'asthme chez l'enfant est définie comme un épisode de crise d'asthme dont un ou plusieurs symptômes persistent plus de 24 heures malgré la prise de bronchodilatateurs d'action rapide. Elle est dite légère lorsqu'elle est gérée en ambulatoire et ne nécessite qu'une augmentation transitoire, pendant quelques jours, de la consommation quotidienne de β 2-agonistes d'action rapide. Elle est dite grave si elle nécessite le recours à une corticothérapie orale ou si le DEP a chuté de plus de 30 % au-dessous des valeurs initiales pendant 2 jours successifs.

L'exacerbation ne doit pas être confondue avec un asthme mal contrôlé qui précède généralement l'exacerbation bien que la frontière entre ces deux états soit souvent difficile à déterminer(6).

4. Diagnostics différentiels de l'exacerbation chez l'enfant

Les diagnostics différentiels dépendent de l'âge du patient. Chez l'enfant on craindra essentiellement une inhalation de corps étranger, une bronchiolite ou un RGO. Plus rarement, peuvent être évoqués un rétrécissement trachéal ou bronchique voire un arc aortique anormal. Enfin, toutes les causes d'atteinte bronchique récidivante comme la mucoviscidose, les troubles de la déglutition ou encore le syndrome d'immobilité

ciliaire doivent être évoquées, en particulier si l'évolution est inhabituelle malgré un traitement bien conduit.

5. Epidémiologie

Généralités :

Selon l'OMS, en 2013, l'asthme touchait 235 millions de personnes dans le monde(7). En France l'OMS estimait en 2010, à 3,5millions le nombre d'asthmatiques, soit 5,8% de la population. En 2006, la prévalence de l'asthme en France était évaluée à 6,7% tous âges confondus (8). Cependant, comme l'a montré l'enquête ISAAC-2 effectuée en 1999- 2000 dans six centres en France, la prévalence varie avec l'âge, dans cette étude, la prévalence cumulée chez des enfants âgés de 9 à 11 ans était de 9,8 % (9). De même, les données provenant de l'enquête décennale santé 2003 et des enquêtes du cycle triennal, effectuées en classe de troisième au cours de l'année scolaire 2003-2004 et en CM2 en 2004-2005, montrent une prévalence cumulée de l'asthme qui varie selon l'enquête de 12,3 % à 13,4 %.

En Guadeloupe, en 2003, les résultats de l'étude ISAAC (phase I) mettaient en évidence une prévalence de l'asthme plus importante chez les enfants et adolescents Guadeloupéens que chez les adolescents de métropole (10).

D'autre part, l'asthme est environ deux fois plus fréquent chez le garçon que chez la fille. Ce sex-ratio s'équilibre ensuite à l'âge adulte. Dans l'étude IRDES en 2006 (11) l'asthme prédomine chez les garçons avec 10,2 % d'asthmatiques chez les 5-10 ans contre 7,1% chez les filles du même âge. Cette différence a tendance à s'atténuer avec l'âge et n'est plus significative au-delà de 20 ans (figure 1).

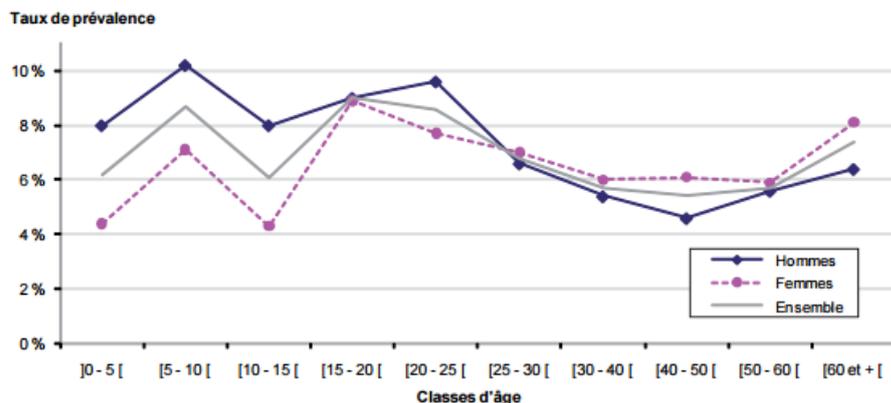
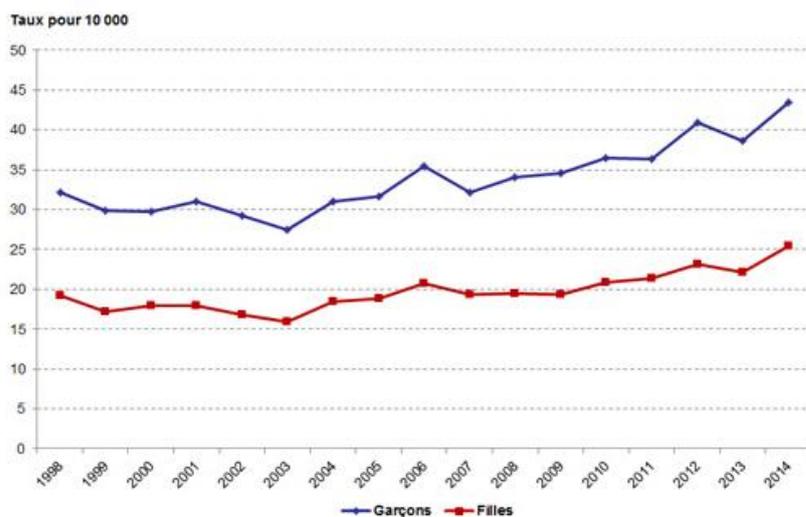


Figure 1 : Prévalence de l'asthme selon l'âge et le sexe

Hospitalisations :

En France, en 2014, 61 771 séjours hospitaliers pour asthme ont été enregistrés dont 65,5% concernaient les enfants de moins de 15 ans. Depuis 2004, le taux annuel d'hospitalisation pour asthme diminue chez l'adulte (- 2,5% par an chez les hommes et - 1,1% par an chez les femmes). En revanche, comme l'illustre la figure 2, le taux annuel d'hospitalisation est en hausse chez les enfants de moins de 15 ans (+2,7% par an pour les garçons et +2,2% par an chez les filles)(8).



Source : ATIH

Figure 2: Taux standardisé d'hospitalisation pour asthme chez les moins de 15 ans en France de 1998 à 2014

Mortalité :

Selon l'INVS en France métropolitaine, entre 2000 et 2012, les taux de mortalité par asthme ont diminué chez les hommes (3,0 à 1,1 pour 100 000) et chez les femmes (de 2,7 à 1,4 pour 100 000)(8). Chez les enfants et adultes jeunes (moins de 45 ans), la mortalité par asthme en France métropolitaine se situe à moins de 0.2/100 000 depuis 2004 (figure 3).



Source CépiDC-Inserm
Standardisation : population France 2006

Figure 3: Taux standardisé de mortalité par asthme, enfants et adultes < 45 ans en France métropolitaine 1990-1999 2000-2012

Le taux de mortalité par asthme standardisé, hommes et femmes confondus, entre 2000 et 2012, est passé de 0,32 à 0,14 pour 100 000 (soit -6,5 % par an en moyenne). Une étude réalisée entre 2005 et 2007 par Furmann et al. (12) a montré que le taux d'hospitalisation et la mortalité liée à l'asthme étaient plus importants aux Antilles (Guadeloupe et Martinique) qu'en France métropolitaine (8,0 versus 3,8/100 000 pour la mortalité).

Bien que la mortalité liée à l'asthme semble diminuer dans les pays industrialisés pour toutes les tranches d'âge depuis une vingtaine d'années, la prévalence de l'asthme en France a augmenté au cours de la dernière décennie pour atteindre 6 à 7% en 2013(13) ce qui fait de cette maladie un enjeu majeur en terme d'économie de la santé.

6. Conséquences socio-économiques

Comme toute maladie chronique, l'asthme représente un coût important pour la société et les patients. En 2001, Gadenne et al. (14) évaluaient son coût direct et indirect à 1,5 milliards d'Euros en France. En 2007, 970 millions d'euros ont été consacrés au remboursement des traitements médicamenteux de l'asthme en France. Enfin, plusieurs études ont établi un lien entre sévérité de l'asthme et son coût (15)(16). Il semble donc indispensable, en parallèle des recherches sur des thérapeutiques nouvelles et les mécanismes physiopathologiques de cette maladie, de connaître les facteurs décompensants afin de prévenir les épisodes d'exacerbation.

II. Contexte géographique et météorologie

1. Contexte géographique

La Guadeloupe (16° de latitude Nord et 61° de longitude Ouest) est un archipel des petites Antilles qui compte environ 400 132 habitants(17), son climat est de type tropical, c'est-à-dire caractérisé par de faibles variations de température, d'insolation et comportant essentiellement deux saisons (18) (figure 4):

- Une saison sèche de décembre à juin
- Une saison des pluies ou « hivernage » de juillet à novembre.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	20,7	20,6	21	22,2	23,6	24,3	24,3	24,1	23,8	23,3	22,4	21,3	22,6
Température maximale moyenne (°C)	29,2	29,2	29,7	30,3	30,9	31,4	31,6	31,9	31,7	31,3	30,5	29,7	30,6
Précipitations (mm)	83	60	67,9	96,5	134,1	107,8	129,6	169,1	206,2	214,5	213,9	134	1 616,6

Figure 4 : Moyenne mensuelle des données météorologiques (température et précipitations) de la station du Raizet pour l'année 2012, consulté sur meteofrance.gp

Elle est située entre l'océan Atlantique, à 4700 km des côtes Africaines à l'Est et la mer des Caraïbes à l'Ouest (figure 5).



Figure 5 : Situation géographique de la Guadeloupe dans le Monde

2. Mécanique des vents(19)(20)(21)

Comme pour toute planète, les vents terrestres résultent d'un gradient de température et de pression induit par le réchauffement des masses d'air par le Soleil. Le réchauffement de l'air entraîne une zone basse pression (dépression, zone inférieure à 1015 hPa).

En réalité, la mécanique des courants aériens est très complexe, les vents (force et direction) résultent à la fois des gradients sus cités, de la force de Coriolis, de la force centrifuge, des frottements au sol (relief) mais aussi des variations saisonnières de la révolution de la Terre autour du Soleil. Cependant, il existe sur Terre des mouvements d'air reproductibles explicables par une modélisation simplifiée. Je ne m'intéresserai ici qu'à l'origine des vents ayant un impact pour la Guadeloupe.

Pour rappel, la force de Coriolis est une force perpendiculaire à la trajectoire d'une masse en mouvement au sein d'un référentiel en rotation(22). Elle est nulle à l'équateur et maximale aux pôles. Sans entrer dans les détails de son équation, elle va venir dévier, vers la droite, la trajectoire de tout corps en mouvement dans l'hémisphère Nord (vers la

gauche dans l'hémisphère Sud). Ainsi, pour s'en tenir à son effet sur les masses d'air, la figure 6 montre l'effet de cette force inertielle sur les dépressions (D) et anticyclones (A) dans l'hémisphère Nord et la figure 7, l'action de cette force sur le déplacement des masses d'air à l'échelle de la Terre. On voit ici que les vents d'Est de l'hémisphère Nord naissant à proximité de l'équateur vont être déviés vers le pôle Nord, c'est ce qui explique la trajectoire incurvée et remontant vers le Nord des systèmes dépressionnaires traversant l'Atlantique.

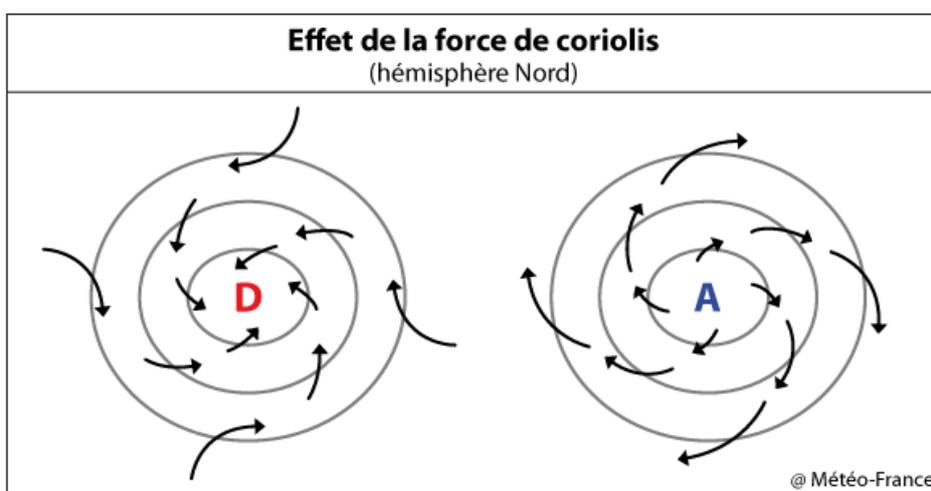


Figure 6: Effets de la force de Coriolis sur la trajectoire des masses d'air au sein des dépressions (D) et des anticyclones (A) dans l'hémisphère Nord

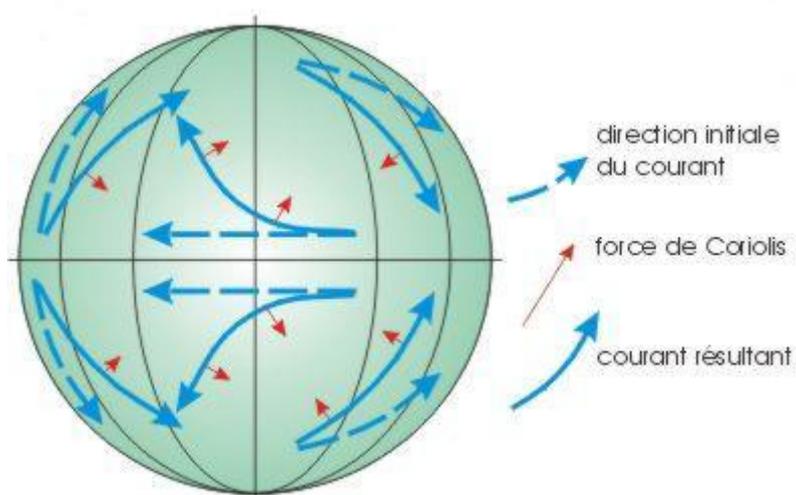


Figure 7: Modélisation de l'effet de la force de Coriolis sur le déplacement des masses d'air à l'échelle de la planète.

Création des mouvements d'air dans l'atmosphère

Le réchauffement de l'air atmosphérique par le soleil crée une zone de dépression. Ce réchauffement de l'air n'est pas uniforme, il est d'autant plus important que le soleil est proche du zénith. De plus, la Terre tourne sur elle-même d'Ouest en Est avec un axe d'inclinaison d'environ 23°, il en résulte que la surface terrestre exposée au soleil varie au cours du jour solaire (environ 24 heures) et des saisons (figure 8). En été, le zénith se situe à proximité du tropique du Cancer alors qu'en hiver, il est proche du tropique du Capricorne. Ceci explique pourquoi la trajectoire des Alizés en hiver est plus propice à l'arrivée de brumes de sable en Guadeloupe. On voit également que l'énergie solaire reçue par m^2 diminue selon un gradient du zénith aux pôles.

Eté et Hiver dans l'hémisphère Nord- répartition inégale de l'énergie solaire

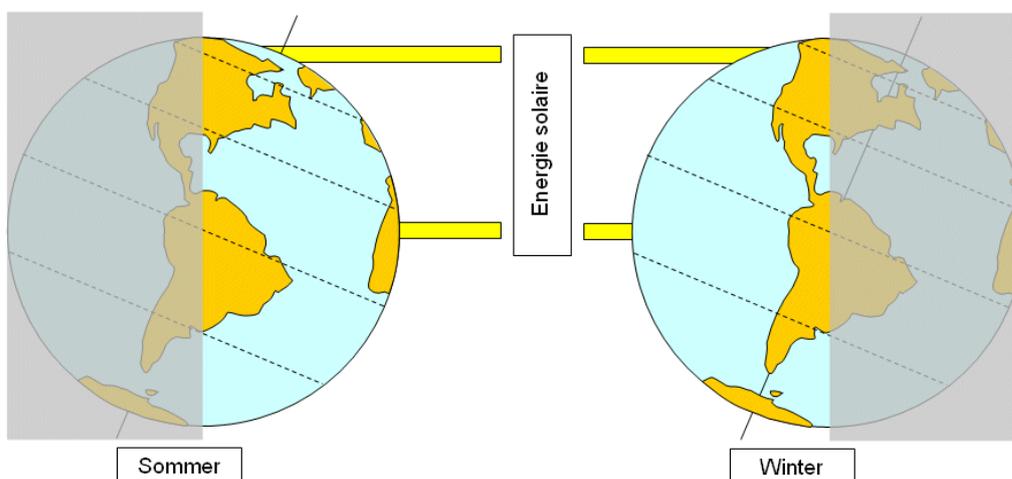


Figure 8: Modélisation du déplacement du Zénith au cours des saisons et incidence des rayons en fonction de la latitude

Il existe donc un gradient de dépression d'Est en Ouest et des pôles vers le zénith. Le déplacement de l'air se faisant des zones de haute pression (anticyclone) vers les zones

de basse pression, la dépression qui se déplace en suivant le soleil est constamment comblée par de l'air provenant de zones de plus haute pression. Les vents d'Ouest, c'est-à-dire les vents venant de l'Ouest (vers la zone dépressionnaire) sont instantanément « rattrapés » par le déplacement des rayons solaires sur la Terre. Les vents d'Est en revanche suivent la dépression sans l'atteindre. C'est ce qui explique les Alizés dont la trajectoire traverse l'atlantique de la côte Ouest africaine vers l'Amérique centrale et remonte vers le Nord (Cf force de Coriolis).

Par ailleurs, les masses d'air chaud ont tendance à s'élever en altitude ce sont les courants ascendants (figure 9).

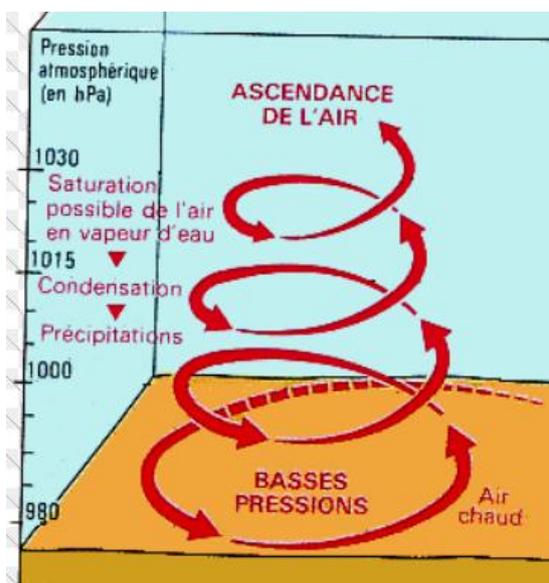


Figure 9: Schématisation du mouvement ascendant de l'air chaud

Ainsi il faut donc imaginer les mouvements des masses d'air dans les trois plans de l'espace.

3. Genèse des brumes de sable

Le Sahara est le plus vaste désert chaud de sable au monde, il s'étend sur près de 8 millions de kilomètres carrés de la côte Ouest de l'Afrique jusqu'à la mer Rouge. Son insolation est d'environ 3600 heures par an soit près de 10 heures par jour, étant situé dans la zone intertropicale, il reçoit donc une quantité importante d'énergie solaire. Son sable est un matériau rapidement chauffé par le soleil. Le réchauffement du Sahara crée un puissant appel d'air (la force des vents étant proportionnelle au gradient de pression). Ainsi, dans cette zone, et plus précisément au centre sud du Sahara, la force des vents générés par la dépression dite « du Bodélé » emporte les grains de sable en altitude selon les courants ascendants. Le phénomène est si important qu'il est visualisé par les satellites (figure 10). Ces grains sont maintenus en suspension au sein de la troposphère (entre 1500 et 10 000 m d'altitude) et transportés vers l'Ouest par les Alizés jusqu'aux îles des Caraïbes en 10 jours environ et sont à l'origine des brumes de sable. Il existe d'autres directions de transport de ce sable notamment vers le sud de l'Europe mais je n'aborderai pas le sujet dans cette thèse. Selon les estimations de la NASA, ce sont environ 120 millions de tonnes de poussières qui seraient transportées chaque année depuis le Sahara. Certaines études (23) ont permis d'évaluer à 28% la part des poussières du Sahara se dirigeant vers l'océan Atlantique. La quantité de sable transportée jusqu'en Amazonie varie d'une année à l'autre mais elle avoisine (en moyenne) les 27,7 millions de tonnes par an.

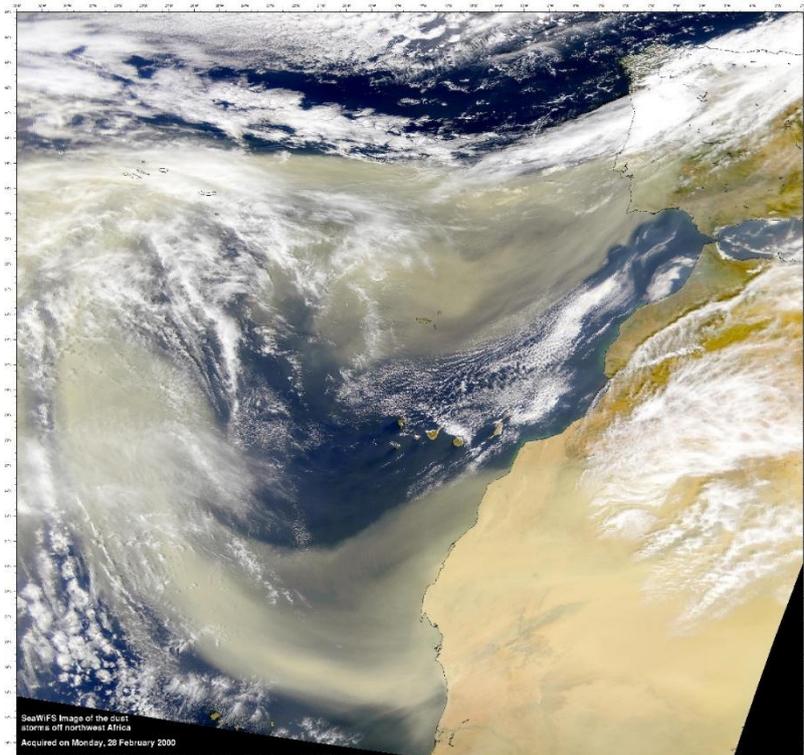


Figure 10: Photo de la côte nord-ouest de l'Afrique visualisant une tempête de sable du Sahara prise (à 705 km d'altitude) par le satellite SeaWiFS (NASA) le 28/02/2000

III. Granulométrie

L'analyse granulométrique de l'air permet de déterminer la distribution en taille des particules qu'il contient.

L'air atmosphérique est composé de trois types de particules en suspension :

- Les suspensions liquides, ou gazeuses
- Les particules inertes,
- Les particules vivantes ou bioactives

La taille des particules en suspension dans l'air est un paramètre essentiel déterminant leurs effets biologiques. Elle varie entre $0,01\mu\text{m}$ et $100\mu\text{m}$ de diamètre. Plus une particule est fine, plus elle voyage haut dans l'atmosphère et plus elle est susceptible de s'éloigner de sa source.

Ainsi, des mesures granulométriques à distance de la source de poussière ont permis de montrer que la taille des particules en suspension diminue très rapidement en dessous des 10 micromètres, les particules les plus grosses ($>10\mu\text{m}$) ont une durée de vie en suspension de moins de 12 heures alors que les particules de diamètre inférieur à $10\mu\text{m}$ se retrouvent à plusieurs centaines voire milliers de km de la source (24)(25)(26). Or la taille des particules en suspension est fondamentale dans leur impact sur le système respiratoire car plus les particules sont fines, plus elles atteignent la distalité de l'arbre bronchique. Les plus petites d'entre elles vont même passer dans le sang et se retrouver dans des organes non directement exposés (figure 11)(27).

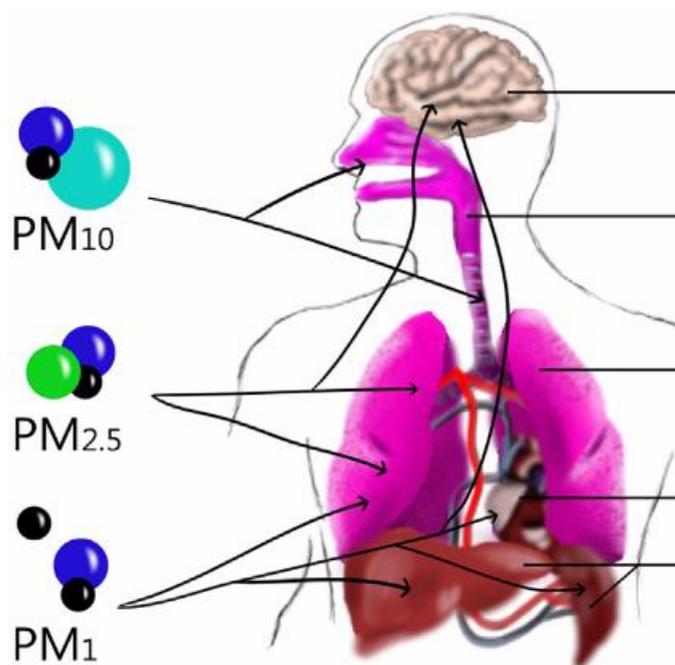


Figure 11 Taille et dynamique des particules atmosphériques dans l'organisme humain

La nature de ces particules n'est pas analysée en Guadeloupe mais dans les zones où cette étude a été réalisée, il a été mis en évidence, lors des vents de sables une quantité plus importante en métaux, éléments organiques (pollens, spores et micro-organismes) et hydrocarbures polycycliques aromatiques (28). Les particules sahariennes d'origine

minérale issues de l'abrasion progressive des roches, sont formées pour l'essentiel de quartz, d'oxyde de silicium, d'argile, de carbonate et de fer(29). La présence de fer, titane et vanadium sont typiques de poussières d'origine saharienne.

Principalement entre mars et septembre, l'archipel de la Guadeloupe est donc soumis aux brumes de sable qui viennent dégrader la qualité de l'air. Ces brumes provenant du Sahara sont essentiellement composées de particules de moins de 10 microns de diamètre. Elles se déposent tout au long de leur trajet par voie humide ou sèche (30).

La valeur limite de PM₁₀ pour la protection de la santé est établie par l'OMS à 50 µg/m³ (moyenne journalière <35 jours/an). L'asthme, de par sa prévalence, sa chronicité et sa morbi-mortalité potentielle, est un enjeu crucial tant sur le plan économique qu'en terme de santé publique. Il est donc primordial d'identifier les facteurs décompensant et aggravant afin de mieux appréhender la prise en charge des patients et éviter les épisodes d'exacerbation. Nous avons donc décidé d'étudier l'impact de ces brumes de sable en termes de décompensation d'asthme aux urgences pédiatrique du CHU de Pointe à Pitre.

PARTIE II

Effets à court terme des poussières de sable du Sahara sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre (en 2011)

1. INTRODUCTION

La prévalence de l'asthme notamment chez l'enfant a augmenté dans le monde durant la dernière décennie(31).En Guadeloupe, la prévalence de l'asthme chez l'enfant est plus importante qu'en France hexagonale (14% versus 9%) (10). Parmi les nombreux facteurs étiologiques de décompensation d'asthme chez l'enfant la pollution particulaire semble jouer un rôle important (32).

L'archipel de la Guadeloupe subit des brumes de sable du Sahara dont le taux dépasse parfois les valeurs limites fixées dans le cadre de la protection de la santé. Les études expérimentales chez le rat ont mis en évidence le potentiel toxique et inflammatoire des poussières désertiques sur les voies aériennes (33). Des études épidémiologiques ont constaté que cette pollution particulaire désertique augmentait la morbidité et la mortalité ainsi que les exacerbations chez les patients adultes souffrant de maladies respiratoires chroniques(34)(35). A notre connaissance, seules deux études existent sur les relations entre poussière du Sahara et l'asthme chez l'enfant dans notre région et

leurs résultats sont contradictoires(36)(37). Dans cette étude, nous avons donc étudié les effets des particules polluantes des brumes de sable du Sahara (PM₁₀ et PM_{2,5-10}) sur le nombre de visites aux urgences pédiatriques pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de pointe à Pitre.

2. MATERIELS ET METHODES

1 Statut éthique

Cette étude a été approuvée par le comité de protection des personnes de la Société de Pneumologie de Langue Française (CEPRO :2013018). Le nom des participants n'était pas nécessaire à l'analyse, l'information et le consentement n'étaient pas requis.

2 Zone d'étude

Il s'agit d'une étude monocentrique, réalisée aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre (Guadeloupe, département français d'Amérique situé dans les Caraïbes). L'agglomération est traversée par des axes routiers mais ne possède pas d'industries lourdes.

3 Population étudiée

Les urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre, principale structure sanitaire du département, sont pourvues d'un logiciel informatique (Resurgence) permettant le recueil de données. Nous avons recueilli entre le 01/01/2011 et le 31/12/2011 le nombre quotidien de consultations pour asthme (codé J45 et J46 dans le CIM 10) des enfants âgés de 5 à 15 ans ainsi que l'âge et le sexe.

4 Données d'exposition

Les jours de présence de brumes de sable du Sahara (jours index) ont été détectés grâce aux observations météorologiques satellitaires américaines (NAAPS) disponibles en temps réel sur le site internet : « Aerosolloop » (38). Les données d'exposition pour les polluants nous ont été fournies par l'agence régionale agréée par les pouvoirs publics pour la qualité de l'air et implantée à Pointe-à-Pitre (Gwadair). Elle dispose de 4 stations de mesure (3 stations fixes dans la ZUR (Zone Urbaine Régionale Abymes, Pointe à Pitre, Baie-Mahault, Gosier, Petit Bourg, Lamentin) et une station mobile). Les stations fixes mesurent 24/24 et 7/7 les polluants suivants : PM_{10} (particules en suspension dans l'air d'un diamètre médian inférieur à $10 \mu m$), $PM_{2,5}$ (diamètre médian inférieur à $2,5 \mu m$), le dioxyde de soufre (SO_2), le dioxyde d'azote (NO_2), le monoxyde d'azote (NO) et l'ozone (O_3). Le laboratoire mobile mesure le benzo(a)pyrène, les HAP (hydrocarbures polycycliques aromatiques) et les métaux lourds.

Les particules $P_{2,5-10}$ ont été calculées par soustraction des valeurs des PM_{10} et des $PM_{2,5}$. Pour chaque polluant, la moyenne journalière a été obtenue par la moyenne arithmétique des valeurs horaires mesurées de 0 à 24 heures.

Les données climatiques journalières nous ont été fournies par la station météorologique régionale située au niveau de l'aéroport de Pointe-à-Pitre. Compte tenu du climat, la pollinisation est per annuelle en Guadeloupe. Cependant, il existe des périodes d'émission maximale des taxons qui ont été déterminées d'après le calendrier prévisionnel pollinique du département (élaboré par le laboratoire de palynologie de l'ENSA à Montpellier). En l'absence de comptage journalier de pollens sur notre territoire, nous n'avons considéré que les périodes d'émission maximale des taxons (variable binaire pour le critère pollen).

Les données sur les épidémies grippales ont été obtenues par consultation de l'agence régionale de la surveillance de la grippe.

5 Analyse statistique

Nous avons utilisé des statistiques descriptives pour décrire l'ensemble des variables de l'étude pendant et en dehors des brumes de poussière du Sahara.

La comparaison des moyennes des concentrations journalières en polluants, moyennes journalières des variables climatiques et le nombre de visites pour asthme (par jour) aux urgences pendant et en dehors des brumes du Sahara s'est faite grâce au T-test de Student ou de Mann-Whitney.

Les séries chronologiques, pour les polluants particuliers et gazeux, ont été produites graphiquement afin d'observer leur distribution temporelle au cours de la période étudiée.

La fréquence des visites pour asthme par mois durant la période étudiée a été illustrée graphiquement.

L'association entre les concentrations journalières des PM_{10} et des $PM_{2.5-10}$ et le nombre de visites journalières pour asthme aux urgences pédiatriques a été analysée à l'aide d'une étude cas-croisés stratifiée sur le temps. Dans ce type d'approche, chaque cas est son propre témoin : l'exposition d'un sujet au moment de l'évènement sanitaire (ici exacerbation d'asthme pendant les brumes de sable) est comparée à celle de ce même sujet à un moment différent (période témoin) (39). En accord avec les modalités de cette approche, les jours témoins devaient être le même jour de la semaine au cours du même mois avant et/ou après le jour « cas » afin de minimiser les biais possibles sur la tendance et la saisonnalité (39).

Les effets de l'exposition aux PM_{10} et des $PM_{2,5-10}$ ont été examinés le jour même (lag0), au cours des 24 premières heures après l'arrivée des brumes de sable (lag 0-1) et jusqu'à 2 jours de l'exposition (lag2). Une variable binaire a été créée pour les jours de présence ou d'absence de poussière du Sahara. Un terme d'interaction entre les concentrations moyennes de PM_{10} et de $PM_{2,5-10}$ et la présence de poussière du Sahara a été introduit dans la modélisation.

Nous avons effectué une régression logistique conditionnelle multivariée pour estimer les odds ratio (OR) en ajustant sur les variables climatiques (température, humidité), les jours d'épidémie de grippe (variable binaire), les jours d'émission maximale des taxons (variable binaire), les jours fériés et les vacances (variable binaire).

L'analyse des sous-groupes a été basée sur les catégories d'âge (5 à 8 ans, 9 à 11 ans, 12 à 15 ans) et sur le genre des enfants (masculin, féminin).

Les résultats ont été présentés sous forme d'odds ratios (ORs) avec leur intervalle de confiance à 95% pour une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des polluants PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ et sous forme de pourcentage d'excès de risque (IR%) avec leur intervalle de confiance à 95% pour les visites pour asthme aux urgences pour une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des polluants PM_{10} et $PM_{2,5-10}$. Ces résultats ont été produits dans les deux périodes, avec et sans brume de poussière du Sahara.

Le traitement et l'analyse statistique des données ont été effectués à partir d'un fichier anonymisé à l'aide de la version 2.1 3.0 du logiciel R. Pour l'ensemble des tests statistiques, le seuil de significativité était fixé à 5%.

3. RESULTATS

1 Population étudiée

Sur l'année 2011, nous avons obtenu l'ensemble des variables pour 337 jours (période étudiée) dont 52 jours (15% de la période étudiée) avec présence de poussière du Sahara (jours index) et 285 jours sans brume de poussière du Sahara. Pour 28 jours(7,7%), il manquait une ou plusieurs variables, ces jours ont été exclus de l'étude.

Durant la période étudiée, il ya eu 836 visites pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques chez des enfants dont l'âge était compris entre 5 et 15 ans. L'effectif comportait 58% (n=489) d'enfants de 5 à 8 ans, 27% (n= 222) d'enfants de 9 à 11ans et 15%(n=125) d'enfants de 12 à 15 ans. Les garçons (n=514) étaient plus nombreux que les filles (n=322). Le sex-ratio était de 1,6 en faveur des garçons, il était comparable entre les périodes avec brume de poussière du Sahara et les périodes sans.

La fréquence des visites pour asthme aux urgences pédiatriques était plus élevée du mois de mai au mois septembre (figure12).

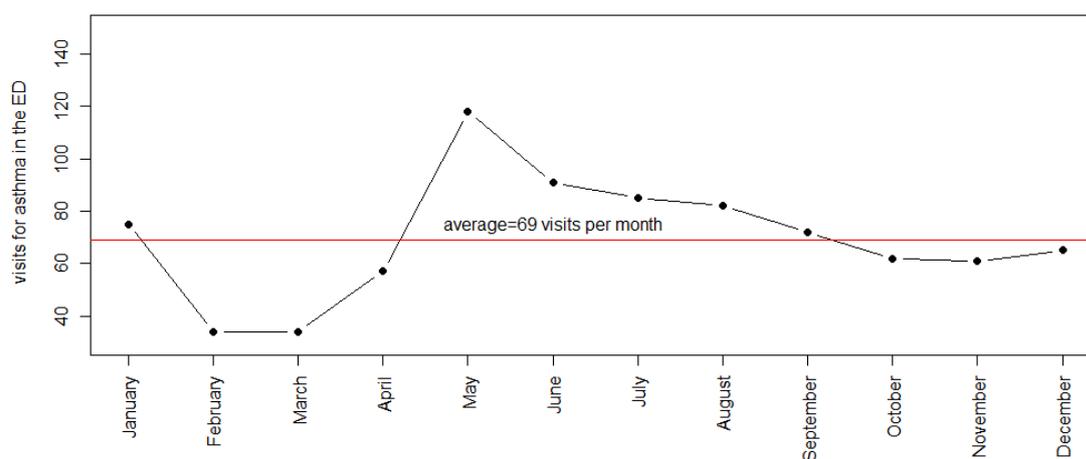


Figure 12 : Fréquence des visites pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre par mois pendant la période étudiée

Les tableaux 1 donne la moyenne et les effectifs des visites (par jour) pour exacerbation d'asthme aux urgences pour l'ensemble des enfants (5- 15 ans) et pour chaque tranche d'âge étudiée (5-8 ans, 9-11ans, 12-15ans) lors des périodes avec et sans brume de poussière du Sahara. Lors des 52 jours avec brumes de sable, il y a eu 220 visites aux urgences pour exacerbation d'asthme (soit 26,3% des visites pour ce motif sur la période étudiée) et 616 visites pour les 285 jours sans brume de sable du Sahara.

Visites (par jour) pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques les jours de brumes de sable (n=52)					
	Moyenne	(Déviation Standard)	Min	Médiane	Max
Tous les enfants 5-15 ans n=220, garçon = 132 filles = 88	4,2	(1,9)	0,0	3,0	10,0
5-8 ans n=97 garçon = 58 filles = 39	1,8	(1,4)	0,0	1,0	7,0
9-11 ans n = 82 garçon = 49 filles = 33	1,5	(0,9)	0,0	0,0	5,0
12-15 ans n = 41 garçon = 25 filles = 16	0,7	(0,9)	0,0	0,0	4,0
Visites (par jour) pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques en dehors des jours de brumes de sable (n=285)					
	Moyenne	(DS)	Min	Médiane	Max
Tous les enfants 5-15 ans n= 616 garçon = 362 filles = 254	2,1	(1,8)	0,0	2,0	8,0
5-8 ans n = 392 garçon = 231 filles = 161	1,3	(1,5)	0,0	1,0	6,0
9-11 ans n = 140 garçon = 87 filles = 53	0,4	(0,6)	0,0	0,0	2,0
12-15 ans n = 84 garçon = 46 filles = 38	0,2	(0,5)	0,0	0,0	2,0

Tableau 1 : Nombre de consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques pendant et en dehors des brumes de sable du Sahara

Pour l'ensemble des enfants (5-15 ans), le nombre moyen de visites par jour était significativement supérieur pendant les périodes avec brume de poussière du Sahara comparativement aux périodes sans brume de poussière du Sahara ($4,2 \pm 1,9$ visites /jour versus $2,1 \pm 1,8$ visites/ jour ; $p=0,02$).

2 Données sur les niveaux des polluants étudiés, les variables climatiques, périodes de grippe et périodes d'émission maximale des pollens.

Les polluants

La figure 13 illustre la distribution temporelle des concentrations journalières moyennes des polluants durant les mois de l'étude pour les polluants suivants : PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , NO , SO_2 , O_3 .

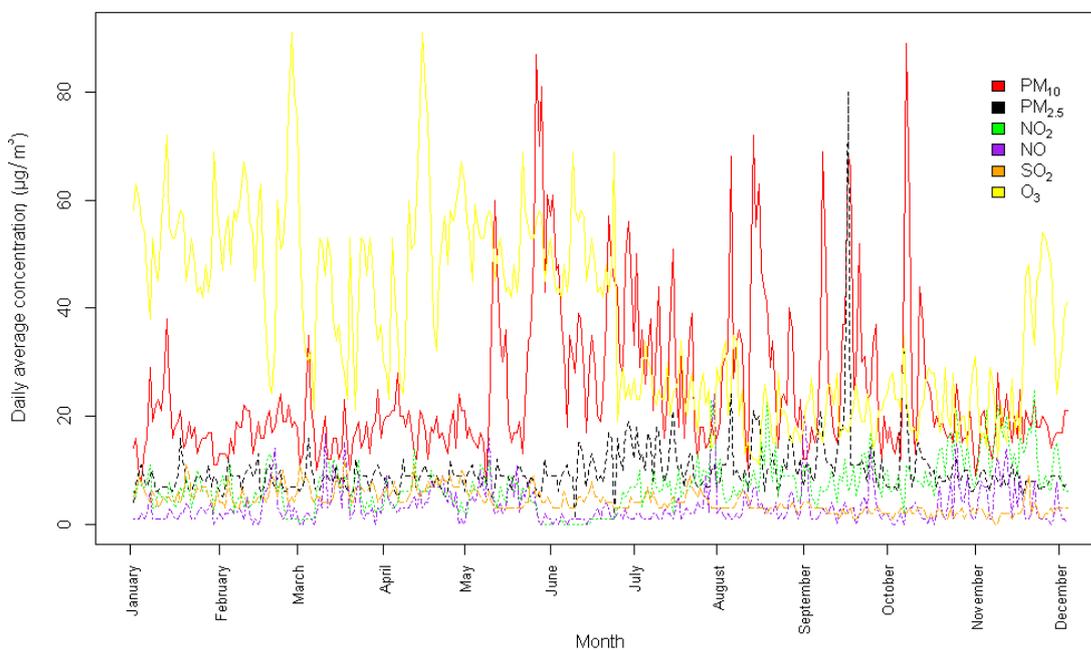


Figure 13 : Concentrations journalières moyennes en PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , SO_2 et O_3 pour l'année 2011 en Guadeloupe

Le tableau 2 décrit les concentrations journalières moyennes des polluants et les mesures moyennes des paramètres climatiques pendant les périodes avec brume de poussière du Sahara (n= 52 jours) et sans brume de poussière du Sahara (n= 285 jours). En dehors des PM_{10} , aucun autre polluant mesuré NO_2 , NO , SO_2 , O_3 n'a dépassé les seuils OMS de protection de la santé sur la période étudiée.

Les concentrations journalières moyennes des polluants particuliers étaient significativement plus élevées pendant les jours avec brume de poussière du Sahara par rapport aux jours sans brume de poussière du Sahara : PM_{10} ($49,7 \pm 13,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ versus $19,2 \pm 5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; T-tests de Student, $p=0,001$), $PM_{2,5-10}$ ($36,2 \pm 14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $10,3 \pm 5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $p=0,001$). $PM_{2,5}$ ($14,4 \pm 10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $8,8 \pm 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $p=0,001$).

Le ratio $PM_{2,5}/PM_{10}$ était de 0,2 en moyenne les jours avec brume de poussière du Sahara et de 0,4 les jours sans brume de poussière du Sahara.

Variable environnementale	Moyenne	(DS)	Min	Médiane	max
Jours avec brumes de sable du Sahara (n=52)					
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49,7	(13,4)	36,0	47,7	89,0
$PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14,4	(10,5)	1,0	13,0	70,0
$PM_{2,5-10}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36,2	(14,1)	12,0	32,0	81,0
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5,3	(1,6)	0,0	6,0	23
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,7	(1,4)	2,0	3,0	9,0
O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33,4	(10,5)	11,5	26,3	72,0
Température (C°)	28,9	(0,9)	26,9	29,0	31,0
Humidité relative (%)	76,8	(4,5)	69,0	76,8	92,0
Jours sans brumes de sable du Sahara (n = 285)					
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19,2	(5,6)	8,0	18,0	34,0
$PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,8	(2,4)	1,0	9,0	21,0
$PM_{2,5-10}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10,3	(5,3)	0,0	10,0	29,0
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7,6	(4,5)	0,0	7,0	25,0
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4,3	(2,2)	2,0	4,0	12,0
O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38,5	(10,2)	12,5	37,1	91,0
Température (C°)	26,7	(1,6)	22,0	27,0	30,0
Humidité relative (%)	77,5	(5,5)	57,0	77,5	93,0

Tableau 2 : Statistiques descriptives des particules, gaz polluants et variables météorologiques pendant et hors période de brumes de sable

Pendant les périodes avec brume de poussière du Sahara, le pourcentage de jours avec une concentration journalière moyenne de PM_{10} au-dessus de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ était de 38% (n=20 jours).

Les concentrations journalières moyennes des NO , SO_2 et O_3 étaient plus basses les jours avec brume du Sahara par rapport aux jours sans (respectivement $p=0,001$, $p=0,001$, $p=0,02$).

Les variables climatiques

La température était plus élevée pendant les jours avec brume de sable du Sahara ($p=0,001$), tandis que l'humidité était sensiblement comparable dans les deux périodes étudiées ($p=0,11$).

Les pollens

Sur l'ensemble de la période étudiée (n =337jours), il y a eu 163 jours d'émission maximale de pollens répartis en 26 jours pendant les jours avec brumes de sable (soit 50% de la période brumes de sable) et 134 jours soit 47% de la période sans brumes de sable du Sahara. Pour cette variable, il n'y avait pas de différence significative entre les deux périodes ($p=0,55$).

Epidémie grippale

Les périodes de grippe représentaient 20% (n=69 jours) des jours d'observation. Elles concernaient 7% (n=4jours) des jours avec brume de poussière du Sahara et 22% (n=65 jours) des jours sans brume de poussière du Sahara avec une différence significative entre les deux périodes ($p=0,01$).

3 Relation entre les passages de vent de sable du Sahara et visites aux urgences pédiatriques pour asthme.

Le tableau 3 représente l'association entre les visites pour asthme (de l'ensemble des enfants de l'étude ainsi que pour chaque tranche d'âge) et les polluants PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ lors des périodes avec et sans présence de brume de poussière du Sahara, le jour même de l'exposition aux polluants (**lag0**) pour une augmentation de $10\mu g/m^3$ des polluants, ajustés sur la température, l'humidité, les périodes de grippe et d'émission maximale des pollens.

Type de particule	Période avec brumes du Sahara		Période sans brumes du Sahara	
	$PM_{10}(\text{Lag } 0)$	$PM_{2,5-10}(\text{Lag } 0)$	$PM_{10}(\text{Lag } 0)$	$PM_{2,5-10}(\text{Lag } 0)$
	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p
5-15 ans	1,091 (1,071-1,111) 0,001	1,045 (1,033-1,057) 0,001	1,011 (0,941-1,046) 0,82	1,016 (0,935-1,104) 0,43
5-8 ans	1,095 (1,068-1,122) 0,001	1,062 (1,044-1,081) 0,001	1,001 (0,986-1,046) 0,65	1,029 (0,975-1,087) 0,29
9-11 ans	1,084 (1,052-1,117) 0,001	1,057 (1,033-1,082) 0,001	1,019 (0,945-1,097) 0,62	1,043 (0,943-1,128) 0,29
12-15 ans	1,080 (1,064-1,096) 0,001	1,048 (1,038-1,059) 0,001	1,011 (0,941-1,086) 0,76	1,043 (0,943-1,128) 0,70

Tableau 3 : Association entre visites aux urgences pédiatriques et PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ à (lag 0)

Le tableau 4 représente les mêmes relations mais au retard cumulé de 24 heures (**lag 0-1**).

Type de particule	Période avec brumes du Sahara		Période sans brumes du Sahara	
	PM ₁₀ (Lag 0, 1)	PM _{2,5-10} (Lag 0, 1)	PM ₁₀ (Lag 0, 1)	PM _{2,5-10} (Lag 0, 1)
	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p	OR* (IC 95%) p
5-15 ans	1,051 (1,018-1,077) 0,001	1,045 (1,033-1,057) 0,001	1,024 (0,997-1,050) 0,23	1,018 (0,989-1,034) 0,55
5-8 ans	1,057 (1,044-1,071) 0,001	1,059 (1,050-1,072) 0,001	1,020 (0,993-1,072) 0,24	1,017 (0,990-1,044) 0,75
9-11 ans	1,040 (1,022-1,058) 0,001	1,049 (1,030-1,069) 0,001	1,022 (0,932-1,053) 0,35	1,018 (0,998-1,038) 0,28
12-15 ans	1,075 (1,050-1,103) 0,001	1,044 (1,028-1,070) 0,001	1,017 (0,996-1,037) 0,44	1,014 (0,993-1,036) 0,82

Tableau 4: Association (OR) entre visites aux urgences pédiatriques et PM₁₀ ou PM_{2,5-10} à (lag 0-1)

*OR ajustés sur la température, l'humidité, la présence d'épidémie de grippe et l'émission maximale de pollens.

Une association statistiquement significative est retrouvée à (lag0) et à (lag 0-1) entre les PM₁₀ et PM_{2,5-10} (pour une augmentation de 10µg/m³) et les visites pour asthmes pendant les périodes d'intrusion des brumes de poussière du Sahara.

Aucune association statistiquement significative n'est retrouvée entre les polluants PM₁₀ et PM_{2,5-10} à (lag0) et à lag (0-1) et les visites pour exacerbation d'asthme pour la période sans brume de poussière du Sahara.

Les figures 14 et 15 représentent graphiquement les pourcentages d'excès de risque relatif (IR) (avec leur intervalle de confiance à 95% (IC 95%)) des visites journalières pour exacerbation d'asthme dans les sous-groupes des enfants de 5 à 8 ans, 9 à 11ans, 12 à 15ans et pour l'ensemble des enfants de 5 à 15ans pour une augmentation de 10µg/m³ des polluants PM₁₀ (figure 14) et PM_{2,5-10} (figure 15) à (lag 0) et (lag 0-1) pendant et en dehors des brumes de poussière du Sahara.

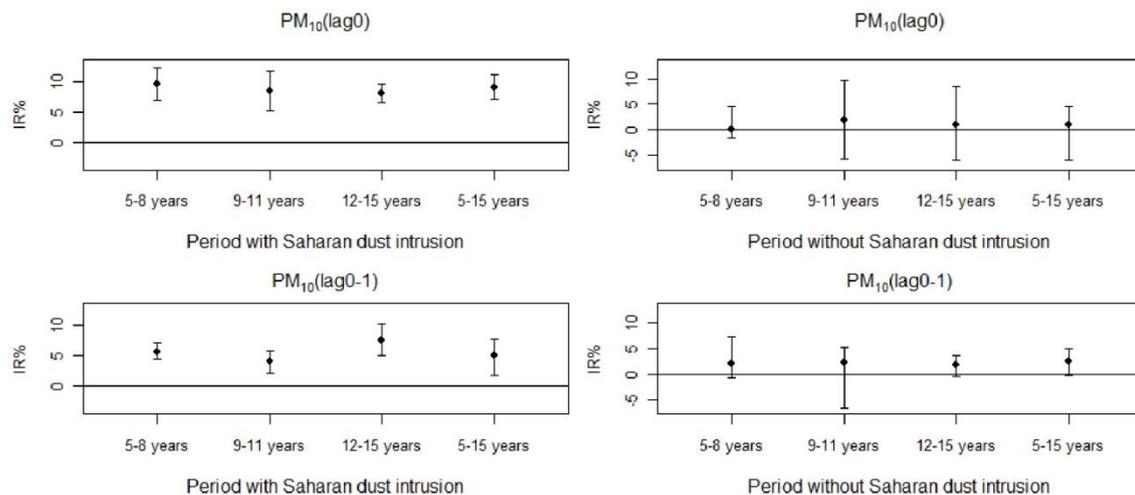


Figure 14 : Pourcentage d'excès de risque(IR%) de visite pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques pour une augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ des PM_{10} à (lag 0) et (lag0-1) pour l'ensemble des enfants et pour chaque tranche d'âge

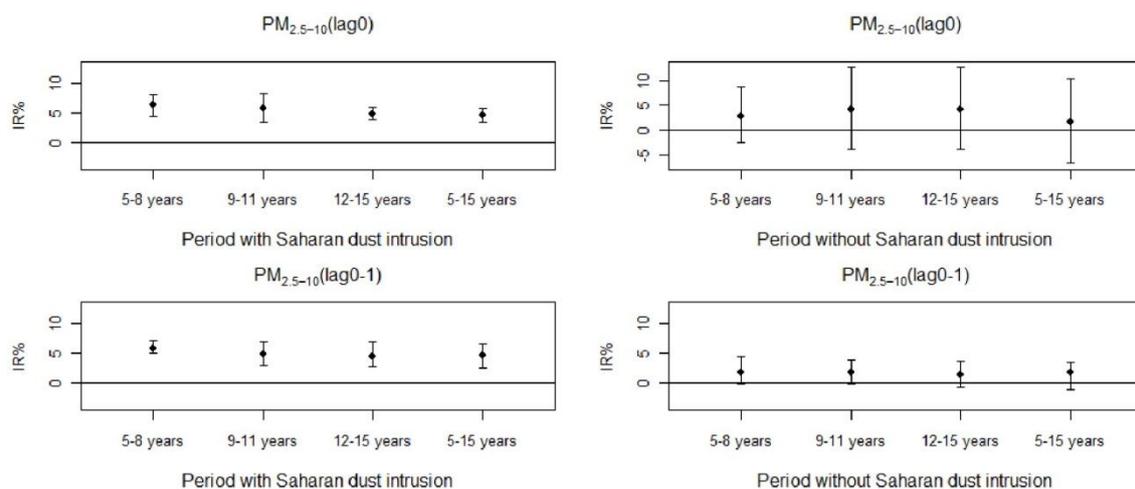


Figure 15 : Pourcentage d'excès de risque de visite pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques pour une augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ des $\text{PM}_{2,5-10}$ à (lag 0) et (lag 0-1) pour l'ensemble des enfants et pour chaque tranche d'âge

Les pourcentages d'excès de risque relatif d'exacerbation d'asthme pour une augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ des polluants PM_{10} et $\text{PM}_{2,5-10}$ lors des périodes avec et sans brume de poussière du Sahara ont présenté les valeurs suivantes :

Pour les PM₁₀ à lag 0 (figure 14):

- Enfants de 5 à 15 ans : l'excès de risque relatif (IR%) était pour les périodes avec et sans brume de poussière du Sahara respectivement de 9,1%(95%CI, 7,1%-11,1%) versus 1,1%(95%CI, -5,9%-4,6%). Cette différence était statistiquement significative (p value = 0,0012).
- Enfants de 5 à 8 ans : L'excès de risque relatif (IR%) pour les périodes avec et sans brumes de sable était respectivement de 9,5%(95%CI, 6,8%-12,2%) versus 0,1%(95%CI, -1,4%-4,6%), p < 0,05.
- Enfants de 9 à 11ans : IR% pour les périodes avec et sans brumes de sable était respectivement de 8,4%(95%CI, 5,2%-11,7%) versus 1,9% (95%CI, -5,5%- 9,7%), p < 0,05.
- Enfants âgés de 12 à 15 ans :IR% pour les périodes avec et sans brumes de sable était respectivement de 8,0%(95%CI, 6,4%-9,6%)versus 1,1%(95%CI, -5,9%-4,6%), p < 0,05.

Pour les PM₁₀ au retard cumulé de 24h, lag 0-1 (figure 14):

- Enfants de 5 à 15 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 5,1%(95%CI, 1,8%-7,7%) versus 2,4% (95%CI, -0,3%--5%), p < 0,05.
- Enfants âgés de 5 à 8 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 5,7%(95%CI, 4,4%-7,1%) versus 2,0%(95%CI,- 0,7%-7,2%), p < 0,05.

- Enfants âgés de 9 à 11ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 4,0%(95%CI, 2,2%-5,8%) versus 2,2% (95%CI, -6,8%-5,3%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 12 à 15ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 7,5%(95%CI, 5,0%-10,3%)versus 1,7%(95%CI, -0,4%-3,7%), $p < 0,05$.

Pour les PM_{2,5-10} à lag 0 (figure 15) :

- Enfants de 5 à 15 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 4,5%(95%CI, 3,3%-5,7%) versus 1,6%(95%CI, -6,5%-10,4%). Cette différence était statistiquement significative (p value =0,002).
- Enfants âgés de 5 à 8 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 6,2%(95%CI, 4,4%-8,1%) versus 2,9% (95%CI,-2,5%-8,7%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 9 à 11ans l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 5,7%(95%CI, 3,3%-8,2%) versus 4,3% (95%CI, -3,7%-12,8%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 12 à 15 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de8,0%(95%CI, 6,4%-9,6%)versus 43%(95%CI, -3,7%-12,8%), $p < 0,05$.

Pour les PM_{2,5-10} au retard cumulé de 24h, lag(0-1) (figure 15) :

- Enfants de 5 à 15 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 4,7%(95%CI, 2,5%-6,5%) versus 1,8%(95%CI, -1,1%-3,4%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 5 à 8 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 5,9%(95%CI, 5,0%-7,2%) versus 1,7% (95%CI,- 0,1%-4,4%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 9 à 11ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 4,9%(95%CI, 3,0%-6,9%) versus 1,8% (95%CI, -0,2%-3,8%), $p < 0,05$.
- Enfants âgés de 12 à 15 ans : l'IR% pour les périodes avec et sans brume du Sahara respectivement était de 4,4%(95%CI, 2,8%-7,0%)versus 1,4%(95%CI, -0,7%-3,6%), $p < 0,05$.

Les autres retards testés au-delà de 24 heures (lag2, lag0-2) pour les polluants PM₁₀ et PM_{2,5-10} au cours de la période étudiée n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les périodes sans et avec brumes de sable du Sahara que ce soit pour l'ensemble des enfants ou pour les sous-groupes.

La figure 16 représente graphiquement les pourcentages d'excès de risque (avec IC 95%) de visites journalières pour exacerbation d'asthme par genre, pour l'ensemble des enfants (5-15ans)et pour une augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des polluants PM₁₀ et PM_{2,5-10} à lag 0 lors des périodes avec brume de poussière du Sahara.

Pour les PM_{10} : l'IR% était de 7,2%(95%CI,3,1%-11,4%) pour les garçons et de 4,6%(95%CI, 1,6%-7,6%) pour les filles sans différence significative entre les deux sexes.

Pour les $PM_{2,5-10}$: l'IR% était de 7,8%(95%CI, 4,2%-11,5%) pour les garçons et de 5,1%(95%CI, 2,5%-7,8%) pour les filles sans différence significative entre les deux sexes.

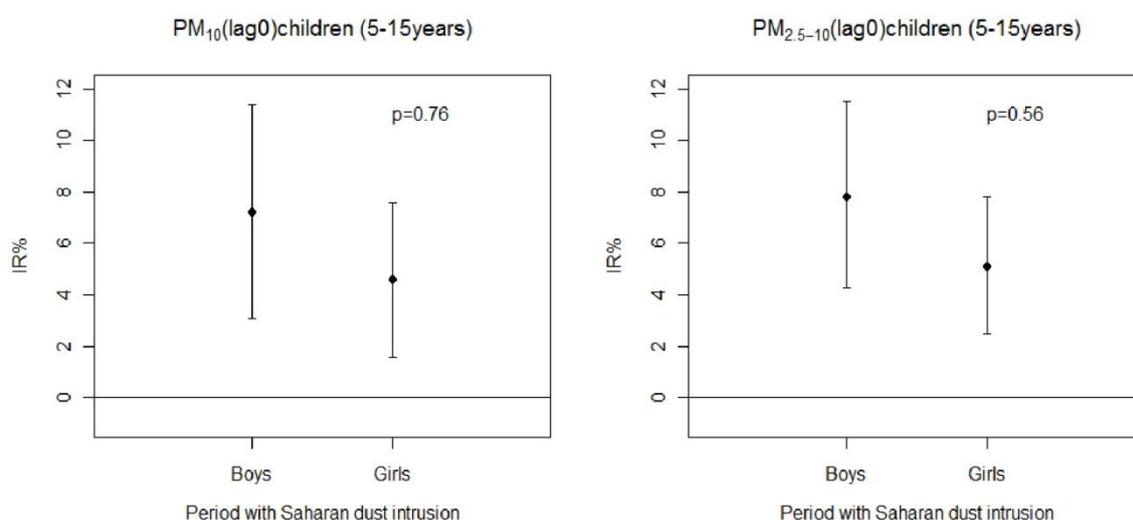


Figure 16 : Pourcentages d'excès de risque (avec IC 95%) de visites pour exacerbation d'asthme par genre, pour l'ensemble des enfants (5-15ans) et pour une augmentation de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ des polluants PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ à lag 0 lors des périodes avec brumes du Sahara

Les $PM_{2,5}$

La même méthodologie a été employée pour analyser les effets des $PM_{2,5}$, aucun effet statistiquement significatif n'a été mis en évidence pour ces types de particules sur les visites pour asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre durant la période étudiée.

4. DISCUSSION

Cette étude a mis évidence une association statistiquement significative entre les polluants PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ contenus dans les poussières du Sahara et les visites aux urgences pour exacerbation d'asthme chez les enfants de 5 à 15 ans lors des brumes de poussières du Sahara. Cette association s'est traduite par un excès de risque le jour même de l'exposition aux polluants (lag0), de 9,1% (95CI, 7,1-11,1) pour les PM_{10} et de 4,5% (95CI, 2,5-6,5) pour les $PM_{2,5-10}$ les jours de brumes de poussières du Sahara. Cette association était également retrouvée au cours des 24 premières heures (lag0-1) mais pas au-delà. Ceci suggère que les effets des brumes de sable sont quasi immédiats et ne s'étendent pas dans le temps. Aucun effet similaire n'a été mis en évidence avec les $PM_{2,5}$, ceci pourrait être expliqué par la faible concentration de $PM_{2,5}$ dans notre étude. A l'instar d'autres études épidémiologiques sur le sujet (7)(8), la population étudiée dans ce travail comportait 60% de garçons.

Tous âges confondus, les effets ont été plus marqués avec les PM_{10} qu'avec les $PM_{2,5-10}$. Ces effets étaient maximaux et significatifs le jour même de la pollution comme Samoli et al. l'avaient montré à Athènes dans leurs travaux (40). Dans notre étude, les effets des PM_{10} étaient plus marqués chez les jeunes enfants (5-8 ans versus 12-15 ans (IR%: 9,5% versus 8%)) tandis que les $PM_{2,5-10}$ avaient un effet plus prononcé chez les adolescents (5-8ans versus 12-15 ans (IR %: 6,2% versus 8%)). Ces différences sont difficiles à expliquer, néanmoins, plusieurs hypothèses peuvent être avancées : les jeunes enfants ont une respiration buccale plus importante que les adolescents

(respiration nasale), or le mode de respiration est un déterminant important dans la déposition des polluants au niveau de l'arbre bronchique. Par ailleurs la fréquence respiratoire diminue avec l'âge de même que l'interface pulmonaire par unité de poids. D'autre part, Venkataraman et al. ont montré que la déposition dans le poumon et dans les bronches, était beaucoup plus élevée avec les PM_{10} qu'avec les $PM_{2,5-10}$ (41).

PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ avaient plus d'effets sur les garçons que sur les filles durant la pollution par les poussières sans toutefois que cette différence soit statistiquement significative. Au Japon, l'étude concluait que le risque d'hospitalisation pour asthme était plus élevé pour les garçons et pour les jeunes enfants. Cependant, dans ce travail, seuls 6 jours de présence de poussière désertique ont été étudiés (42).

Les concentrations journalières moyennes des PM_{10} dans notre étude étaient comparables à celles relevées dans d'autres études sur les brumes de sable du Sahara réalisées à Madrid en Espagne (35) ou à Rome en Italie (43). Le niveau des concentrations moyennes des $PM_{2,5-10}$ les jours de brume du Sahara a été relativement plus élevé dans notre étude par rapport à celle réalisée à Madrid (moyenne = $36,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ versus $24,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)(35). Ceci s'explique par le fait que les concentrations en $PM_{2,5}$ (pollution liée aux industries et aux transports) dans notre étude étaient plus faibles que dans l'étude de Madrid ($14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ versus $24,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)(35). Cette étude a mis en évidence un excès de mortalité d'origine respiratoire lors des brumes de sable du Sahara (35).

Les études antérieures réalisées dans les Caraïbes ne mentionnaient pas les concentrations des polluants contenus dans les brumes de poussière du Sahara(36)(37). En effet, l'étude de Gyan et al. A Trinidad ne mesurait que la visibilité optique à 16 et 7 km. En utilisant un modèle de régression de Poisson, elle a mis en évidence une association significative entre la baisse de la visibilité et l'admission pour asthme aux urgences pédiatriques. A la Barbade, l'étude menée par Prospero et al. se basait sur la mesure du taux global de poussières sans distinction de taille et n'a pas montré d'association statistiquement significative entre les poussières du Sahara et les admissions pour asthme malgré un taux d'hospitalisation plus élevé lors des brumes de sable (37). Bien que les conclusions de notre étude soient en accord avec l'étude de Trinidad, la disparité des observations au niveau de l'arc antillais semble suggérer l'intervention d'autres facteurs : industries polluantes, transports, pollens en suspension dans l'atmosphère créant des spécificités locales propres à chaque île de la Caraïbe. D'autre part, le système de santé propre à chaque pays déterminant l'accès aux soins et le reste à charge pour les patients, peut avoir une incidence sur le contrôle de l'asthme.

En ce qui concerne la pollution gazeuse, les concentrations journalières en NO₂ dans notre étude, étaient 10 fois plus basses que celles relevées à Madrid (5,3 µg/m³ versus 60,5 µg/m³)(35). Pendant toute la durée de la période étudiée, les pollutions gazeuses (NO₂, SO₂, O₃) sont restées à des niveaux de concentrations journalières basses sans dépassement des valeurs limites fixées par l'OMS. Ceci s'explique par l'absence d'industries polluantes sur l'archipel d'une part et par la présence des Alizés qui limitent la stagnation des polluants gazeux et chimiques de l'air d'autre part.

Les poussières du Sahara sont composées d'éléments minéraux (essentiellement du quartz à 60%), d'oxydes (SiO_2 , FeO) et de carbonates (CaCO_3) (26). Une réaction chimique peut se produire entre les carbonates et les polluants gazeux anthropiques (NO_2 , SO_2) créant des pics de sulfates (26). Des études rapportent que le quartz, la silice et les oxydes contenus dans les poussières désertiques pourraient provoquer une inflammation au niveau des bronches et des poumons de rats par l'intermédiaire d'une hyperproduction de cytokines (33)(44).

Par ailleurs, il a été montré que les poussières du Sahara contenaient également des microorganismes viables ou des fragments d'éléments biologiques (pollens, champignons, moisissure, virus, bactéries, lipopolysaccharide ...) (29).

Partout dans le monde, des équipes se sont penchées sur les effets des brumes de sable ainsi à Washington(45) une étude a trouvé une association entre les PM_{10} provenant des poussières désertiques et les admissions pour cause respiratoire. A Anchorage, (USA), une autre étude a mis évidence une augmentation des visites pour asthme, bronchite et infection respiratoire haute lors de concentrations élevées en $\text{PM}_{2,5-10}$ provenant de poussières désertiques (46). En Asie, deux études Coréennes(47)(48) ont montré des effets significatifs des poussières désertiques sur des enfants asthmatiques. En Australie un impact des poussières de sable sur les asthmes sévères a également été mis en évidence (49). Nos résultats sont conformes aux études antérieures ayant montré que les polluants particuliers (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5-10}$ et $\text{PM}_{2,5}$) pouvaient engendrer des exacerbations d'asthme chez les enfants(50). Cependant, la composition chimique de ces particules est probablement différente d'un continent à l'autre et d'une année sur l'autre. Ceci suggère

que même les particules n'étant pas pro inflammatoires au niveau de l'arbre bronchiques pourraient être impliquées dans les phénomènes d'exacerbation du simple fait de leur dépôt à ce niveau.

Au total, une majorité d'études vont dans le sens d'un effet probable des poussières désertiques sur les enfants asthmatiques. Cependant, ces études sont difficilement comparables entre elles car les mesures d'exposition sont différentes dans chaque étude et les facteurs de confusion potentiels insuffisamment contrôlés (41). Dans notre étude, la recherche d'une association entre les visites pour asthme aux urgences pédiatriques et les brumes de poussières du Sahara a été réalisée par une méthodologie cas croisé et stratifié sur le temps. Cette approche permet le contrôle des facteurs de confusion individuels, chaque cas étant son propre témoin. Par ailleurs, elle permet également de prendre en compte les caractéristiques individuelles telles que l'âge ou le genre pour explorer les effets des polluants sur les différents sous-groupes. Nous avons tenté d'être exhaustifs dans la prise en compte des polluants et des potentiels facteurs décompensants environnementaux mais notre étude présente cependant certaines limites :

Tout d'abord, ce type d'étude considère que l'ensemble de la population étudiée a été soumise à la même dose de polluant, ce qui est impossible à vérifier pour une telle cohorte. De même, il est techniquement impossible de prendre en compte la quantité de polluants réellement inhalée par chaque enfant.

Enfin, l'autre handicap de notre étude est qu'elle n'a été réalisée que dans un seul centre ce qui peut induire des biais de sélection.

D'autre part, le comptage des passages aux urgences a été réalisé par extraction informatique selon la classification internationale des maladies (CIM 10^{ème} édition) J45-J46 et on ne peut affirmer l'absence d'erreurs dans les codages.

Concernant les émissions de pollens, nous avons utilisé le calendrier pollinique de la région qui est un calendrier théorique, nettement moins précis qu'un comptage pollinique (non réalisé sur l'archipel).

Dans la mesure où aucune analyse sur la nature chimique ou biologique des particules atmosphériques n'a été réalisée, notre étude ne permet pas de dire si les effets observés pourraient être dus aux allergènes ou autres éléments potentiellement irritants contenus dans les poussières.

Enfin, on peut imaginer que la nature des particules varie d'une année à l'autre or nous n'avons pris en compte qu'une année dans notre étude.

En Guadeloupe, la pollution anthropique, source de particules fines est faible et stable tout au long de l'année, il est donc plus facile de mettre en évidence l'impact lié au brumes de sable. Cependant, nous n'avons pas pris en compte les jours d'épandage aérien qui bien que peu nombreux peuvent être un facteur de confusion.

Par ailleurs, les brumes de sable entraînant des modifications de la pluviométrie et asséchant l'air, ces effets pourraient eux aussi être des facteurs de confusion(51).

5. CONCLUSION :

Cette étude a montré que les polluants particuliers PM_{10} et $PM_{2,5-10}$ contenus dans les poussières de sable du Sahara arrivant jusqu'en Guadeloupe ont été responsables d'un excès de risque pour exacerbation d'asthme chez les enfants asthmatiques de 5 à 15 ans. Les effets des PM_{10} ont été plus prononcés pour les plus jeunes d'entre eux (5-8 ans) tandis que les effets des $PM_{2,5-10}$ étaient plus marqués chez les adolescents. Les garçons ont été plus sensibles que les filles quelle que soit la taille des particules.

Ces résultats vont dans le sens de la majorité des études déjà publiées sur ce sujet. De ce fait, ils pourraient avoir des retombées intéressantes notamment par la mise en place de stratégies préventives et/ou thérapeutiques visant à améliorer la prise en charge des enfants asthmatiques pendant les jours d'intrusion des poussières du Sahara.

Bibliographie

1. Full Report - NHLBI, NIH. Disponible sur: <http://www.nhlbi.nih.gov/health-pro/guidelines/current/asthma-guidelines/full-report>
2. Castellsague J, Sunyer J, Sáez M, Antó JM. Short-term association between air pollution and emergency room visits for asthma in Barcelona. *Thorax*. oct 1995;50(10):1051- 6.
3. Godard, Ameille, Pairen. Asthme professionnel. 2004 mars. Report No.: 60. Disponible sur: <http://www.uvmt.org/print.php?sid=115>
4. Marguet C, Groupe de Recherche Sur Les Avancées En PneumoPédiatrie. Prise en charge de la crise d'asthme de l'enfant et du nourrisson : recommandations la société française de pneumo pédiatrie. *Rev Mal Respir*. avr 2007;24(4 Pt 1):427- 39.
5. Taytard. Asthme | Exacerbation. 2010. Disponible sur: <http://www.respir.com/doc/abonne/pathologie/asthme/AsthmeExacerbation.asp>
6. Reddel H, Ware S, Marks G, Salome C, Jenkins C, Woolcock A. Differences between asthma exacerbations and poor asthma control. *Lancet Lond Engl*. 30 janv 1999;353(9150):364- 9.
7. OMS. Asthme. WHO. 2013. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/fr/>
8. INVS. Surveillance épidémiologique de l'asthme en France. Disponible sur: <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Asthme/Surveillance-epidemiologique-de-l-asthme-en-France>
9. Raheison C, Pénard-Morand C, Moreau D, Caillaud D, Charpin D, Kopferschmitt C, et al. Smoking exposure and allergic sensitization in children according to maternal allergies. *Ann Allergy Asthma Immunol Off Publ Am Coll Allergy Asthma Immunol*. avr 2008;100(4):351- 7.
10. Mounouchy M-A, Cordeau L, Raheison C. [Prevalence of asthma and related symptoms among adolescents in Guadeloupe: phase I of the ISAAC survey 2003]. *Rev Mal Respir*. nov 2009;26(9):944- 51.
11. Afrite A., Allonier C., Com-Ruelle L., Le Guen N. L'asthme en France en 2006 : prévalence, contrôle et déterminants. 2011 janv. Report No.: 549. Disponible sur: <http://www.irdes.fr/Publications/Rapports2011/rap1820.pdf>
12. Fuhrman C, Nicolau J, Rey G, Delmas M-C. Asthme et BPCO : taux d'hospitalisation et de mortalité dans led DOM et en France métropolitaine, 2005-2007.

BEH;13-14. Disponible sur: http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=6986

13. Delmas M-C, Fuhrman C, pour le groupe épidémiologie et recherche clinique de la SPLF. [Asthma in France: a review of descriptive epidemiological data]. *Rev Mal Respir.* févr 2010;27(2):151- 9.

14. Gadenne S, Pribil C, Chouaid C, Vergnenegre A, Detournay B. Coût et implications économiques de l'asthme et de son niveau de contrôle en France. *Rev Mal Respir.* avr 2011;28(4):419- 26.

15. Godard P, Chanez P, Siraudin L, Nicoloyannis N, Duru G. Costs of asthma are correlated with severity: a 1-yr prospective study. *Eur Respir J.* janv 2002;19(1):61- 7.

16. Ivanova JI, Bergman R, Birnbaum HG, Colice GL, Silverman RA, McLaurin K. Effect of asthma exacerbations on health care costs among asthmatic patients with moderate and severe persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol.* mai 2012;129(5):1229- 35.

17. INSEE. Estimations INSEE 2015, Population de 1968 à 2015 : comparaisons régionales et départementales. Disponible sur: http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=99&ref_id=TCRD_004#col_1=8

18. Météo France. CLIMAT ANTILLES GUYANE - Informations, normales et statistiques sur le climat en Antilles (Guadeloupe, Martinique) et Guyane. 2015 [cité 15 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.meteofrance.gp/climat/antilles-guyane/guadeloupe/971>

19. Triplet J-P, Roche G. *Météorologie générale*, 3ème édition. 1996.

20. Malardel S. *Fondamentaux de météorologie*, 2ème édition. Broché. 2008.

21. Comolet R. *Mécanique expérimentale des fluides, Statique et dynamique des fluides non visqueux*. Dunod. 2002.

22. Vent - Météo-France. Disponible sur: <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observees/vent>

23. d'Almeida GA. A Model for Saharan Dust Transport. *J Clim Appl Meteorol.* juillet 1986;25(7):903- 16.

24. Pederzoli A, Mircea M, Finardi S, di Sarra A, Zanini G. Quantification of Saharan dust contribution to PM10 concentrations over Italy during 2003–2005. *Atmos Environ.* nov 2010;44(34):4181- 90.

25. Rodríguez S, Querol X, Alastuey A, Kallos G, Kakaliagou O. Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmos Environ.* mai 2001;35(14):2433- 47.

26. Coz E, Gómez-Moreno FJ, Pujadas M, Casuccio GS, Lersch TL, Artíñano B. Individual particle characteristics of North African dust under different long-range transport scenarios. *Atmos Environ.* avril 2009;43(11):1850- 63.
27. Carlos I. Falcon Rodriguez, Alvaro R. Orosino Vergas, Isabel Sada Ovalle, Patricia Segura Medina. *Aeroparticles, Composition, and Lung Diseases.* *Front Immunol* . 20 janv 2016;7. Disponible sur: <https://www.dropbox.com/sh/h9szqnpbl1yok4x/AABZIRTMeypJ0wjsidY-vaWra/Aeroparticles%2C%20Composition%2C%20and%20Lung%20Diseases.pdf?dl=0>
28. Pey J, Querol X, Alastuey A. Variations of levels and composition of PM10 and PM2.5 at an insular site in the Western Mediterranean. *Atmospheric Res.* oct 2009;94(2):285- 99.
29. Griffin DW. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health. *Clin Microbiol Rev.* juill 2007;20(3):459- 77.
30. Middleton NJ, Goudie AS. Saharan dust: sources and trajectories. *Trans Inst Br Geogr.* juin 2001;26(2):165- 81.
31. D'Amato G, Baena-Cagnani CE, Cecchi L, Annesi-Maesano I, Nunes C, Ansotegui I, et al. Climate change, air pollution and extreme events leading to increasing prevalence of allergic respiratory diseases. *Multidiscip Respir Med.* 2013;8(1):12.
32. Mortimer KM, Neas LM, Dockery DW, Redline S, Tager IB. The effect of air pollution on inner-city children with asthma. *Eur Respir J.* avr 2002;19(4):699- 705.
33. Ichinose T, Yoshida S, Sadakane K, Takano H, Yanagisawa R, Inoue K, et al. Effects of asian sand dust, Arizona sand dust, amorphous silica and aluminum oxide on allergic inflammation in the murine lung. *Inhal Toxicol.* mai 2008;20(7):685- 94.
34. Middleton N, Yiallourous P, Kleanthous S, Kolokotroni O, Schwartz J, Dockery DW, et al. A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effect of short-term changes in air pollution and dust storms. *Environ Health.* 22 juill 2008;7:39.
35. Tobías A, Pérez L, Díaz J, Linares C, Pey J, Alastruey A, et al. Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: a case-crossover analysis in Madrid (Spain). *Sci Total Environ.* 15 déc 2011;412-413:386- 9.
36. Gyan K, Henry W, Lacaille S, Laloo A, Lamsee-Ebanks C, McKay S, et al. African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad. *Int J Biometeorol.* juill 2005;49(6):371- 6.

37. Prospero JM, Blades E, Naidu R, Mathison G, Thani H, Lavoie MC. Relationship between African dust carried in the Atlantic trade winds and surges in pediatric asthma attendances in the Caribbean. *Int J Biometeorol.* nov 2008;52(8):823- 32.
38. Aerosolloop. [cité 16 févr 2016]. Disponible sur: http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol_web/loop_html/globaer_centam_loop.html
39. Janes H, Sheppard L, Lumley T. Case-crossover analyses of air pollution exposure data: referent selection strategies and their implications for bias. *Epidemiol Camb Mass.* nov 2005;16(6):717- 26.
40. Samoli E, Nastos PT, Paliatsos AG, Katsouyanni K, Priftis KN. Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: evidence of association and effect modification. *Environ Res.* avr 2011;111(3):418- 24.
41. Venkataraman C, Kao AS. Comparison of particle lung doses from the fine and coarse fractions of urban PM-10 aerosols. *Inhal Toxicol.* févr 1999;11(2):151- 69.
42. Kanatani KT, Ito I, Al-Delaimy WK, Adachi Y, Mathews WC, Ramsdell JW, et al. Desert dust exposure is associated with increased risk of asthma hospitalization in children. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 déc 2010;182(12):1475- 81.
43. Alessandrini ER, Stafoggia M, Faustini A, Gobbi GP, Forastiere F. Saharan dust and the association between particulate matter and daily hospitalisations in Rome, Italy. *Occup Environ Med.* juin 2013;70(6):432- 4.
44. Mancino D, Vuotto ML, Minucci M. Effects of a crystalline silica on antibody production to T-dependent and T-independent antigens in Balb/c mice. *Int Arch Allergy Appl Immunol.* 1984;73(1):10- 3.
45. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiol Camb Mass.* janv 1996;7(1):20- 8.
46. Gordian ME, Ozkaynak H, Xue J, Morris SS, Spengler JD. Particulate air pollution and respiratory disease in Anchorage, Alaska. *Environ Health Perspect.* mars 1996;104(3):290- 7.
47. Park JW, Lim YH, Kyung SY, An CH, Lee SP, Jeong SH, et al. Effects of ambient particulate matter on peak expiratory flow rates and respiratory symptoms of asthmatics during Asian dust periods in Korea. *Respirol Carlton Vic.* sept 2005;10(4):470- 6.
48. Hong Y-C, Pan X-C, Kim S-Y, Park K, Park E-J, Jin X, et al. Asian Dust Storm and pulmonary function of school children in Seoul. *Sci Total Environ.* 15 janv 2010;408(4):754- 9.

49. Rutherford S, Clark E, McTainsh G, Simpson R, Mitchell C. Characteristics of rural dust events shown to impact on asthma severity in Brisbane, Australia. *Int J Biometeorol.* avr 1999;42(4):217- 25.
50. Tecer LH, Alagha O, Karaca F, Tuncel G, Eldes N. Particulate matter (PM(2.5), PM(10-2.5), and PM(10)) and children's hospital admissions for asthma and respiratory diseases: a bidirectional case-crossover study. *J Toxicol Environ Health A.* 2008;71(8):512- 20.
51. Météo des cyclones. Effets de la brume de sable saharien (SAL) sur les systèmes tropicaux. In 2013.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis à exercer la médecine, en présence des maîtres de cette école et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité qui la régissent.

Mon premier souci sera, de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous les éléments physiques et mentaux, individuels collectifs et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients de décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai influencer ni par la recherche du gain ni par la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés.

Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers.

Et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances, sans acharnement.

Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.

Que je sois modéré en tout, mais insatiable de mon amour de la science.

Je n'entreprendrai rien qui ne dépasse mes compétences ; je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

Que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

Short-Term Effects of the Particulate Pollutants Contained in Saharan Dust on the Visits of Children to the Emergency Department due to Asthmatic Conditions in Guadeloupe (French Archipelago of the Caribbean)

Gilbert Cadelis^{1*}, Rachel Tourres¹, Jack Molinie²

1 Department of Pulmonary Medicine, University Hospital of Pointe-a-Pitre, Pointe-a-Pitre, Guadeloupe, French West Indies, **2** Laboratory of Research in Geoscience and Energy, University of Antilles and Guyane, Pointe-a-Pitre, Guadeloupe, French West Indies

Abstract

Background: The prevalence of asthma in children is a significant phenomenon in the Caribbean. Among the etiologic factors aggravating asthma in children, environmental pollution is one of the main causes. In Guadeloupe, pollution is primarily transported by Saharan dust including inhalable particles.

Methods: This study assesses, over one year (2011), the short-term effects of pollutants referred to as PM₁₀ (PM₁₀: particulate matter <10 μm) and PM_{2.5–10} (PM_{2.5–10}: particulate matter >2.5 μm and <10 μm) contained in Saharan dust, on the visits of children aged between 5 and 15 years for asthma in the health emergency department of the main medical facility of the archipelago of Guadeloupe. A time-stratified case-crossover model was applied and the data were analysed by a conditional logistic regression for all of the children but also for sub-groups corresponding to different age classes and genders.

Results: The visits for asthma concerned 836 children including 514 boys and 322 girls. The Saharan dust has affected 15% of the days of the study (337 days) and involved an increase in the average daily concentrations of PM₁₀ (49.7 μg/m³ vs. 19.2 μg/m³) and PM_{2.5–10} (36.2 μg/m³ vs. 10.3 μg/m³) compared to days without dust. The excess risk percentages (IR%) for visits related to asthma in children aged between 5 and 15 years on days with dust compared to days without dust were, for PM₁₀, (IR %: 9.1% (CI95%, 7.1%–11.1%) versus 1.1% (CI95%, –5.9%–4.6%)) and for PM_{2.5–10} (IR%: 4.5% (CI95%, 2.5%–6.5%) versus 1.6% (CI95%, –1.1%–3.4%)). There was no statistical difference in the IR% for periods with Saharan dust among different age group of children and between boys and girls for PM₁₀ and PM_{2.5–10}.

Conclusion: The PM₁₀ and PM_{2.5–10} pollutants contained in the Saharan dust increased the risk of visiting the health emergency department for children with asthma in Guadeloupe during the study period.

Citation: Cadelis G, Tourres R, Molinie J (2014) Short-Term Effects of the Particulate Pollutants Contained in Saharan Dust on the Visits of Children to the Emergency Department due to Asthmatic Conditions in Guadeloupe (French Archipelago of the Caribbean). PLoS ONE 9(3): e91136. doi:10.1371/journal.pone.0091136

Editor: Aimin Chen, University of Cincinnati, United States of America

Received: October 22, 2013; **Accepted:** February 8, 2014; **Published:** March 6, 2014

Copyright: © 2014 Cadelis et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

* E-mail: gilbert.cadelis@chu-guadeloupe.fr

Introduction

The prevalence of asthma, especially in children, increased in the world over the last decade [1]. In the Caribbean, this disease represents a preoccupying public health problem [2]. In Guadeloupe (16° North latitude and 61° West longitude), the prevalence of asthma in children is higher than in France (14% versus 9%) [3]. Among the many etiologic factors causing asthma in children, pollution, especially particulate pollution, plays an important part [4].

The archipelago of Guadeloupe is periodically exposed to Saharan dust generating peak exposures to fine particles, which can last several days. This particulate pollution contributes to exceeding the particle thresholds set in relation to health protection. The desert sand dust is generated above the Sahara

desert. The production of dust is at its highest level between April and June. It is assessed at around 500 to 1000 tonnes per year [5]. The dust particles, captured by the winds at the ground surface, are driven to tropospheric altitudes. These particles are transported as suspended matter, at an altitude between 1500 and 6000 m of the African desert, towards the West, over the Atlantic Ocean, and they reach the United States due to the influence of the maritime trade winds. They therefore pass via the Caribbean, between April and October, and settle through wet or dry processes [6]. The granulometric measurements performed on the particles, at more than 100 km from the dust source, showed that the median diameter rapidly decreases below 10 μm [7]. During a dust episode, the concentration in particles can reach 2000 μg/m³ as a maximum hourly average [7]. The majority of the dust particles measure less than 10 μm of aerodynamic diameter and

are thus inhalable, as the smallest particles can easily penetrate inside the respiratory tracts and therefore reach the bronchi and the small airways. The Saharan particles are of mineral origin and result from the progressive abrasion of rocks. They are essentially made of quartz, silicon oxide, clay, and carbonates. They contain iron and are also covered with organic matter (bacteria and viable spores, grains of pollens) [8]. The experimental studies performed on rats revealed the toxic and inflammatory potential of desert dust for airways [9]. Epidemiologic studies have shown that this desert particulate pollution increased morbidity and mortality as well as aggravated the condition of patients suffering from chronic respiratory diseases [10], [11]. Few studies exist on the connections between Saharan dust and asthma. For example, in the Caribbean, only two studies have focused on the effects of Saharan dust on asthma in children and have provided contradictory results [12], [13].

This study concerns the city of Pointe-a-Pitre and its suburbs located on the archipelago of Guadeloupe, which, each year, is exposed to Saharan dust during several months.

We have studied, over one year, the effects of particulate pollutants (PM_{10} , $PM_{2.5-10}$) contained inside Saharan dust on the aggravation of asthma in children, by considering as a criterion, the number of visits of asthmatic children to the paediatric emergency department of the main medical facility of the archipelago. Our main assumption was based on a possible association between the intrusion of dust from the Sahara on the territory and the visits of asthmatic children to the emergency department.

Materials and Methods

A Ethics Statement

This study has been approved by the Institutional Review Board of the French Learned Society for Respiratory Medicine (Société de Pneumologie de Langue Française; CEPRO: 2013/018). Due to the fact that the data file has been anonymised, the name of the participants was not necessary for the analysis, and therefore we did not collect the participants' names. The evaluation committee for observational research (CEPRO) of the Institutional Review Board of the French Learned Society for Respiratory Medicine (Respiratory Society of French Language) estimated that this study was purely observational and consent written and informed consent of participants was not necessary because the research involves no intervention or contact with the patient.

B/Study Area

The study area concerned the suburbs of the city of Pointe-a-Pitre, including all of the Grande Terre area, a region of the archipelago of Guadeloupe (16° North latitude and 61° West longitude), which is a French department located in the Caribbean. This area has a regular relief and is a large limestone plateau. It has a surface of 588 km^2 with 197,603 inhabitants (Nation Institute of Statistics and Economic Surveys (INSEE); 2011) and a density estimated at $336 \text{ inhabitants/km}^2$. The suburbs are crossed by roads but do not include any heavy industries.

C/Population Under Study

The sanitary data were collected by the university hospital centre of Pointe-a-Pitre, the main medical structure of the department, which receives more than 65,000 visits in the emergency department each year, including 20,000 children. This centre is equipped with IT tools (IT extraction software) which are used for collecting medical data (visits to the emergency

department). The daily visits due to the aggravation of asthma were codified according to the international classification of diseases (CIM 10th edition) (J45–J46). The information provided by data extraction corresponded to the number of visits per day for asthma conditions to the paediatric emergency department, as well as administrative data concerning the age and gender of the children admitted in the health emergency structure. The study was carried out from January 1, 2011 to December 31, 2011 and concerned asthmatic children aged between 5 and 15 years old (included).

D/Exposure Data

The days on which the dust intruded on the territory (index days) could be detected thanks to American meteorological satellite data available in real time on the following website: "Aerosol looper" [14]. The exposure data for the pollutants were provided by the regional agency approved by the public authorities for the quality of air, established at Pointe-a-Pitre. The agency has 4 measuring stations (3 fixed urban and peri-urban stations and 1 mobile stations), which regularly measure the following pollutants: PM_{10} (particles suspended in the air, with a median diameter lower than 10 micrometres, $PM_{2.5}$ (particles suspended in the air, with a median diameter lower than 2.5 micrometres, sulphur dioxide (SO_2), nitrogen dioxide (NO_2), the nitric oxide (NO) and ozone (O_3).

The $PM_{2.5-10}$ particles were calculated by subtracting the values of the PM_{10} and $PM_{2.5}$ particles. For each pollutant, the daily average was determined by calculating the arithmetic average of the time values measured between 0.00 and 24.00. For ozone, the maximum value of the rolling averages over 8 hours was chosen.

The daily climatic parameters were provided by the regional meteorological station located at the airport of the city of Pointe-a-Pitre. The periods of maximum pollen emissions were determined according to the pollinic calendar of the department. The pollen calendar for the Pointe-a Pitre region (Guadeloupe) is a provisional calendar. The pollen characterization and count was carried out in 2004 by the Palynology lab of the Higher National School of Aerobiology (ENSA) in Montpellier, France. The responsible taxa corresponded to the Poaceae family (cereal) for 43% and to the Mimosaceae family for 16% of the cases. The pollination, taking into account the climate, is perennial in Guadeloupe. The responsible taxa represent the majority of emissions. The maximum emissions correspond to a period of around one week over a month. In the absence of a daily count of pollen on our territory, we only considered periods involving maximum emission of taxa.

The data on influenza epidemics were obtained by consulting the regional agency for monitoring influenza on the territory. The Regional Flu Monitoring Agency uses the number of flu consultations collected by the network of sentinel physicians practicing in the territory of Guadeloupe and from all the emergency cases at the region's hospitals. An epidemic is declared when the epidemic threshold set by the agency on the percentage increase in the number of flu consultations is reached (2 to 3% per week).

E/Statistical Analysis

Descriptive statistics were employed to describe all of the variables of this study for periods with and without the intrusion of Saharan dust.

The averages of the daily concentrations in pollutants, the daily average of climatic variables and the average number of visits for asthma per day to the emergency department were compared by

means of the Student's t-test or Mann-Whitney's test for days with and without intrusions of Saharan dust.

Pearson's correlations were calculated for the PM_{10} , $PM_{2.5-10}$ and $PM_{2.5}$.

The chronological series, for particulate and gaseous pollutants, were produced graphically in order to observe their temporal distribution during the study period.

The frequency of visits due to asthmatic conditions per month during the study period was illustrated graphically.

The association between the daily concentrations in PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ and the daily visits due to asthmatic conditions in children were analysed by means of a time-stratified case-crossover study [15].

In this type of approach, each case has its own control: the exposure of a subject during the sanitary event (case period) is compared to the exposure of the same subject during one or several different moments (control period) where, a priori, the subject did not present the medical condition [16].

In agreement with the methods of this approach, the control periods were selected so as to correspond to the same day of the week and to the same month as the case day in order to minimise possible bias concerning trends and seasonality of the time series [16].

The effects of an exposure to the PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ were examined the same day (lag0) and up to 2 days before the exposure (lag2) but also by averaging the pollutant concentrations corresponding to two days before, one day before until the day of the event (lag0-2), (lag0-1).

We carried out a multivariate conditional logistic regression to estimate the odds ratio (ORs) by adjusting, on the climatic variables (temperature, humidity), the days of influenza epidemics (binary variable), and the days of maximum taxa emissions (binary variable) on bank holidays and during holidays (binary variable).

A binary variable was created for the days with and without Saharan dust. An interaction term between the average concentrations in PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ and the presence of Saharan dust was introduced into the modelling.

The analysis of sub-groups was based on the age categories (5 to 8 years old, 9 to 11 years old and 12 to 15 years old) and on the gender of the children (male or female).

The results were presented in the form of an excess risk percentage (IR %) with a confidence interval at 95% (CI 95%) for visits due to asthmatic conditions to the emergency department for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ pollutants. These results were produced during two periods, with and without Saharan dust. The calculation of the IR % for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ has been carried out using the following formula: $(\exp^{(\beta \cdot 10)} - 1) \times 100\%$, where β is the model estimate. We also tested a bi-pollutant model with $PM_{2.5}$ and $PM_{2.5-10}$.

The statistical processing and analysis of data were carried out from an anonymised file using version 2.1.3.0 of R software. The significance threshold was set at 5% for all of the statistical tests.

Results

1/Population Under Study

The study period included 337 days of observation, including 52 days (15% of the days of observation) involving the presence of Saharan dust (index days) and 285 days without Saharan dust.

During the study period, 836 visits to the emergency department took place in relation to asthmatic conditions in children aged between 5 and 15 years old. This figure included 58% (n = 489) of children aged between 5 and 8 years old, 27%

(n = 222) of children aged between 9 and 11 years old and 15% (n = 125) of children aged between 12 and 15 years old. There were more boys (n = 514) than girls (n = 322). The sex ratio was of 1.6 in favour of the boys.

The ratio between boys and girls was comparable during the periods with and without Saharan dust.

Figure 1 shows the frequency of visits due to asthmatic conditions per month during the study period. The number of visits to the emergency department was higher from May to September.

Table 1 indicates the average and the number of visits per day to the emergency department due to asthmatic conditions for all children (5 to 15 years old) and for each age section being studied (5 to 8 years old, 9 to 11 years old, 12 to 15 years old) during periods with and without Saharan dust. The number of visits to the emergency department due to asthmatic conditions amounted to 220 visits for all of the children for the 52 days during which the presence of Saharan dust was detected and to 616 visits for the 285 days without Saharan dust.

For all the children (5 to 15 years old), the average number of visits per day was higher during periods with Saharan dust compared to periods without Saharan dust (4.2 ± 1.9 visits/day versus 2.1 ± 1.8 visits/day; $p = 0.02$).

2/Data Concerning the Levels of Pollutants under Study and the Other Parameters of the Study: Climatic Variables, Periods of Influenza, Periods of Maximum Pollen Emissions

Figure 2 illustrates the temporal distribution of the average daily concentrations in pollutants during the months of the study for the following pollutants: PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , NO , SO_2 , O_3 .

Table 2 describes the average daily concentrations in pollutants and average measurements of climatic parameters for periods with Saharan dust (n = 52 days) and periods without Saharan dust (n = 285 days).

The average daily concentrations in particulate pollutants were higher during days with Saharan dust compared to days without Saharan dust: PM_{10} ($49.7 \pm 13.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ versus $19.2 \pm 5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Student's t tests, $p = 0.001$), $PM_{2.5-10}$ ($36.2 \pm 14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $10.3 \pm 5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $p = 0.001$). $PM_{2.5}$ ($14.4 \pm 10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $8.8 \pm 2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $p = 0.001$).

The $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio was of 0.2 on average on days with Saharan dust and of 0.4 on days without Saharan dust.

For periods involving Saharan dust, the percentage of days with an average daily concentration in PM_{10} exceeding $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ was of 38% (n = 20 days).

The average daily concentrations in NO_2 , SO_2 and O_3 pollutants were lower during days with Saharan dust compared to days without Saharan dust ($p = 0.001$, $p = 0.001$, $p = 0.02$, respectively).

$PM_{2.5}$ and $PM_{2.5-10}$ were moderately correlated (Pearson's S correlation coefficient = 0.24) while $PM_{2.5}$ and PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ and PM_{10} were highly correlated ($r = 0.64$ and $r = 0.96$, respectively).

The temperature was higher during the days with Saharan sand ($p = 0.001$), while the humidity was significantly comparable during the two study periods ($p = 0.11$).

The periods involving maximum pollen emissions represented 48% (n = 163 days) of all of days of observation (n = 337 days) and corresponded to 50% (n = 26 days) of the days with Saharan dust and 47% (n = 134 days) of the days without Saharan dust, without any significant difference in proportions between the two periods

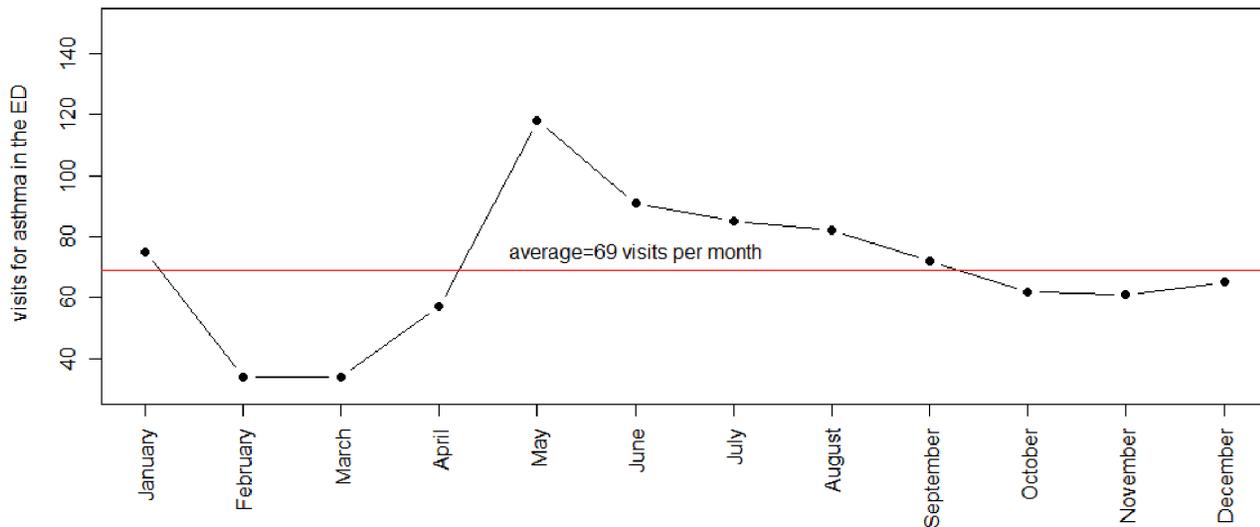


Figure 1. Frequency of visits for asthmatic conditions per month in the pediatric emergency department (ED) during the study period (n = 337 days).

doi:10.1371/journal.pone.0091136.g001

($p = 0.55$). The relevant taxa were from the Poaceae family for 43% and from the Mimosaceae family for 16%.

Periods involving influenza represented 20% ($n = 69$ days) of days of observation. They concerned 7% ($n = 4$ days) of days with Saharan dust and 22% ($n = 65$ days) of days without Saharan dust with a significant difference in proportions between the two periods ($p = 0.01$).

3/Relation between Saharan Dust Episodes and the Number of Visits to the Paediatric Emergency Department Due to Asthmatic Conditions

Figures 3 and 4 graphically represent the IR% of daily visits with a CI 95% for asthmatic conditions in sub-groups of children aged between 5 and 8 years old, 9 and 11 years old, 12 and 15 years old and all of the children aged between 5 and 15 years old for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of pollutants PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag 0 and at lag (0–1) during periods with and without intrusions of Saharan dust.

A statistically significant association is determined at lag 0 and lag (0–1) for PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ and the visits due to asthmatic conditions during periods involving intrusions of Saharan dust, adjusted in relation to climatic parameters, periods of influenza and maximum pollen emissions, bank holidays and school holidays.

No statistically significant association was determined with pollutants PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag 0 and lag (0–1) for the visits of children suffering from asthma during the period without Saharan dust.

The IR% with a CI95% for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in pollutants PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ for periods with and without Saharan dust presented the following values (table S1 and S2).

For PM_{10} at lag 0:

For all children aged between 5 and 15 years old: the IR% was, during periods with and without Saharan dust, of 9.1% (CI95%, 7.1%–11.1%) versus 1.1% (CI95%, –5.9%–4.6%), respectively. The interaction between the index days and the association between the pollutant and the sanitary variable was significant (p value = 0.0012).

For the sub-groups of children during the periods with and without Saharan dust respectively: The IR% was, for children aged between 5 and 8 years old, of 9.5% (CI95%, 6.8%–12.2%) versus 0.1% (CI95%, –1.4%–4.6%), for children aged between 9 and 11 years old, of 8.4% (CI95%, 5.2%–11.7%) versus 1.9% (CI95%, –5.5%–9.7%), and for children aged between 12 and 15 years old of 8.0% (CI95%, 6.4%–9.6%) versus 1.1% (CI95%, –5.9%–4.6%).

For PM_{10} at lag (0–1):

For all children aged between 5 and 15 years old:

The IR% was, during periods with and without Saharan dust, of 5.1% (CI95%, 1.8%–7.7%) versus 2.4% (CI95%, –0.3%–5%), respectively.

For the sub-groups of children during the periods with and without Saharan dust respectively: The IR% for children aged between 5 and 8 years old was of 5.7% (CI95%, 4.4%–7.1%) versus 2.0% (CI95%, –0.7%–7.2%), for children aged between 9 and 11 years old, of 4.0% (CI95%, 2.2%–5.8%) versus 2.2% (CI95%, –6.8%–5.3%), and for children aged between 12 and 15 years old, of 7.5% (CI95%, 5.0%–10.3%) versus 1.7% (CI95%, –0.4%–3.7%).

For $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag 0:

For all children aged between 5 and 15 years old: the IR% was, during the periods with and without Saharan dust, of 4.5% (CI95%, 3.3%–5.7%) versus 1.6% (CI95%, –6.5%–10.4%), respectively. The interaction between the index days and the association between the pollutant and the sanitary variable was significant (p value = 0.002).

For sub-groups of children during periods: with and without Saharan dust, the IR% was, for children aged between 5 and 8 years old, of 6.2% (CI95%, 4.4%–8.1%) versus 2.9% (CI95%, –2.5%–8.7%), for children aged between 9 and 11 years old, of 5.7% (CI95%, 3.3%–8.2%) versus 4.3% (CI95%, –3.7%–12.8%), for children aged between 12 and 15 years old, of 4.8% (CI95%, 3.8%–5.9%) versus 4.3% (CI95%, –3.7%–12.8%), respectively.

For $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag (0–1):

For all children aged between 5 and 15 years old: the IR% was, during periods with and without Saharan dust, of 4.7% (CI95%, 2.5%–6.5%) versus 1.8% (CI95%, –1.1%–3.4%), respectively.

Table 1. Daily visits for asthma in emergency department (ED) during Saharan dust-affected days and Saharan dust-free days in a study period.

Daily visits for asthma in ED during Saharan dust-affected days (52 days)					
	Mean	(SD)	Min	Median	Max
For all children 5–15 years n = 220 Male = 132 Female = 88	4.2	(1.9)	0.0	3.0	10.0
For children 5–8 years n = 97 Male = 58 Female = 39	1.8	(1.4)	0.0	1.0	7.0
For children 9–11 years n = 82 Male = 49 Female = 33	1.5	(0.9)	0.0	0.0	5.0
For children 12–15 years n = 41 Male = 25 Female = 16	0.7	(0.9)	0.0	0.0	4.0
Daily visits for asthma in ED during Saharan dust-free days (285 days)					
	Mean	(SD)	Min	Median	Max
For all children 5–15 years n = 616 Male = 362 Female = 254	2.1	(1.8)	0.0	2.0	8.0
For children 5–8 years n = 392 Male = 231 Female = 161	1.3	(1.5)	0.0	1.0	6.0
For children 9–11 years n = 140 Male = 87 Female = 53	0.4	(0.6)	0.0	0.0	2.0
For children 12–15 years n = 84 Male = 46 Female = 38	0.2	(0.5)	0.0	0.0	2.0

doi:10.1371/journal.pone.0091136.t001

For sub-groups of children during periods with and without Saharan dust: the IR% was, for children aged between 5 and 8 years old, of 5.9% (CI95%, 5.0%–7.2%) versus 1.7% (CI95%, –0.1%–4.4%), for children aged between 9 and 11 years old, of 4.9% (CI95%, 3.0%–6.9%) versus 1.8% (CI95%, –0.2%–3.8%), for children aged between 12 and 15 years old, of 4.4% (CI95%, 2.8%–7.0%) versus 1.4% (CI95%, –0.7%–3.6%), respectively.

Figure 5 graphically represents the IR% of daily visits with a CI 95% due to asthmatic conditions per gender and for all children (5 to 15 years old) and for an increase of 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in pollutants PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag 0 for periods with Saharan dust:

For PM_{10} : the IR% was of 7.2% (CI95%, 3.1%–11.4%) for boys and of 4.6% (CI95%, 1.6%–7.6%) for girls.

For $\text{PM}_{2.5-10}$: the IR% was of 7.8% (CI95%, 4.2%–11.5%) for boys and of 5.1% (CI95%, 2.5%–7.8%) for girls.

There was no statistical difference in the IR% for periods with Saharan dust among different age group of children (Table S3, S4) and between boys and girls (Figure 5) for PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ at lag0 and at lag (0–1).

The other delays (lag1, lag2, lag0, 2) tested for pollutants PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ during the study period for all children and for the sub-groups were not contributory. Results are reported in the table S5.

No significant effect was revealed for the $\text{PM}_{2.5}$ during periods with and without Saharan dust at different delays. (Table S5).

A bi-pollutant model was tested with pollutants $\text{PM}_{2.5}$ and $\text{PM}_{2.5-10}$. Excess risks for $\text{PM}_{2.5-10}$ were not significantly modified for all children at lag 0 and at lag (0–1).

Discussion

This study highlighted a statistically significant association between the PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ pollutants contained in the Saharan dust and the visits made to the emergency department due to asthmatic conditions in children aged between 5 and 15 years old during the period involving Saharan dust intrusions.

This association resulted in an excess risk, on the actual day of exposure to the pollutants, of 9.1% (CI95%, 7.1%–11.1%) for the PM_{10} and of 4.5% (CI95%, 2.5%–6.5%) for the $\text{PM}_{2.5-10}$ on days involving Saharan dust intrusions with a significant interaction with the pollutants.

The level of average daily concentrations in PM_{10} in this study was comparable to that of the studies performed on pollution due to Saharan dust in Madrid (Spain) [11] or in Rome (Italy) [17]. The level of average concentrations in $\text{PM}_{2.5-10}$ on days with Saharan dust was relatively higher in our study compared to the study carried out in Madrid (average = 36.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ versus 24.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [11], because the levels of concentration in $\text{PM}_{2.5}$ had lower values in our study (14.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ versus 24.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). The former studies carried out in the Caribbean did not provide measurements of the concentrations in pollutants contained in the Saharan dust on days of pollution [12], [13]. The study performed by Gyan et al. only measured optical visibility whereas the study carried out by Prospero et al. was based on the measurement of the total rate of dust during Saharan dust intrusions.

As regards the level of gas pollution, for example for pollutant NO_2 in our study, the level of average daily concentrations was 10

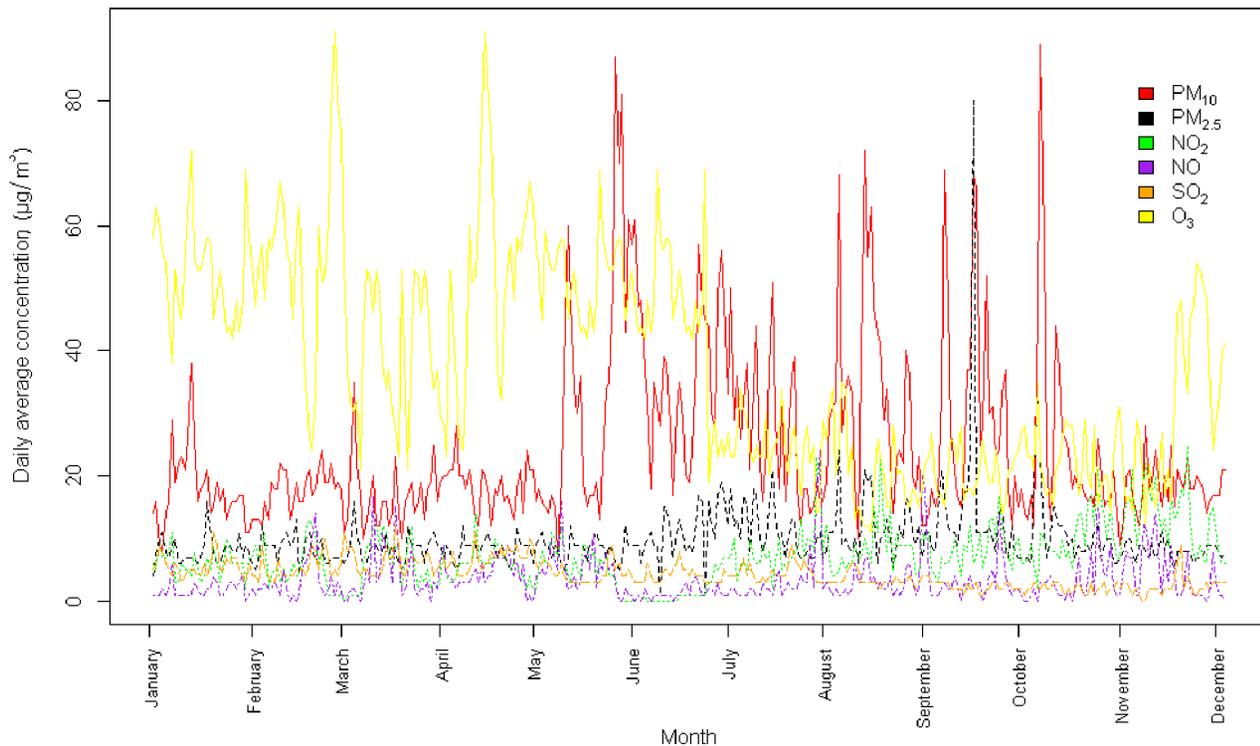


Figure 2. Temporal distribution of pollutants (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, NO, SO₂, O₃) during the study period (n = 337 days) in Guadeloupe. Abbreviations: PM₁₀ particles with an aerodynamic diameter of 10 µm or less, PM_{2.5} particles with an aerodynamic diameter of 2.5 µm or less, NO₂ nitrogen dioxide, NO nitrogen oxide, SO₂ sulphur dioxide, O₃ ozone. doi:10.1371/journal.pone.0091136.g002

times lower than the level recorded in Madrid (5.3 µg/m³ versus 60.5 µg/m³) [11]. Throughout the study period, gas pollution (NO₂, SO₂) and chemical pollution (O₃) remained at low levels of daily concentrations and the thresholds set by the WHO were never exceeded. This can be explained by the absence of heavy industries on the archipelago and by the all-year-round presence of trade winds, which dispersed the gaseous and chemical pollutants.

The chemical composition of the Saharan dust includes mineral elements: primarily quartz (60%), oxides (SiO₂, FeO₂) and carbonates (CaCO₃), but also iron, titanium and vanadium [7]. In certain cases, the dust intrusion episodes can involve peaks in sulphate resulting from the chemical reaction between the carbonates contained in the dust and the gaseous pollutants present locally (NO₂, SO₂) [7]. Toxicological studies reported that the quartz, crystalline silica, aluminium and oxides contained in desert dust could cause an inflammation of the bronchi and lungs in rats due to a hyperproduction of cytokines [9], [18].

Studies have shown that the Saharan dust introduced, into the atmosphere, viable micro-organisms and other microbiological matter (pollen, lipopolysaccharide (LPS), viable mushrooms, mould, viruses, and bacteria) [8]. Several authors have reported an excess risk of mortality due to respiratory causes during Saharan dust intrusions [11], [17]. It has been known for a long time that pollutants, and especially particulate pollutants, aggravate asthmatic conditions in children [19]. It was reported that asthmatic children were more sensitive to air pollutants than non-asthmatic children [20].

In the Caribbean, children's asthma is significantly predominant and the reasons are still unknown [21]. In Guadeloupe, the ISAAC study reported a prevalence of asthma in children of

14.1%, which was higher for boys than for girls (15% versus 13.1%) [3].

In our study, the population being analysed was important (n = 836 children) with a prevalence of boys (60% overall), which complied with the epidemiologic studies on asthma in children performed in our area. These results are also in agreement with the epidemiologic studies on asthma in children, which indicated a major incidence of asthma among boys [22].

The determination of an association between the visits to the emergency department due to asthmatic conditions and Saharan dust intrusions was carried out in this study based on a time-stratified case-crossover methodology. This approach offers several advantages:

It can be used for controlling the individual confounding factors as each case is its own control [16], which is interesting in relation to asthma where individual susceptibilities are to be considered and controlled. In addition, it also makes it possible to take into account individual characteristics such as age or gender to explore the effects of pollutants on the different sub-groups [23]. Moreover, it can be used to control trends and seasonality [24].

This study has highlighted an increase in risks with pollutants PM₁₀ and PM_{2.5-10} during periods involving Saharan dust intrusions. The effects were more marked with the PM₁₀ than with the PM_{2.5-10} with a significant interaction between these particles and the index days. These effects were maximum and significant on the actual day of pollution. However, we did not reveal any effect with the PM_{2.5} on the visits for asthmatic conditions regardless of the period being analysed; this could be explained by the low level of concentrations in PM_{2.5} in this study, adjusted to a low relative anthropic pollution observed on the archipelago [25].

Table 2. Descriptive statistics of particulate matter, gaseous pollutants and meteorological variables during a period with Saharan dust-affected days and Saharan dust-free days.

Environmental variable	Mean	(SD)	Min.	p25	Median	p 75	Max
Period with Saharan dust-affected days (n = 52 days)							
Particulate matter							
PM ₁₀ (µg/m ³)	49.7	(13.4)	36.0	38.0	47.7	57.0	89.0
PM _{2.5} (µg/m ³)	14.4	(10.5)	1.0	9.0	13.0	17.0	70.0
PM _{2.5-10} (µg/m ³)	36.2	(14.1)	12.0	27.0	32.0	43.0	81.0
Other pollutants							
NO ₂ (µg/m ³)	5.3	(1.6)	0.0	1.2	6.0	8.0	23.0
SO ₂ (µg/m ³)	3.7	(1.4)	2.0	3.0	3.0	4.0	9.0
O ₃ (µg/m ³)	33.4	(10.5)	11.5	19.6	26.3	48.0	72.0
Weather							
Temperature (C°)	28.9	(0.9)	26.9	28.0	29.0	30.0	31.0
Relative humidity (%)	76.8	(4.5)	69.0	73.0	76.8	79.0	92.0
Period with Saharan dust-free days (n = 285 days)							
Particulate matter							
PM ₁₀ (µg/m ³)	19.2	(5.6)	8.0	16.0	18.0	21.5	34.0
PM _{2.5} (µg/m ³)	8.8	(2.4)	1.0	7.0	9.0	10.0	21.0
PM _{2.5-10} (µg/m ³)	10.3	(5.3)	0.0	7.0	10.0	13.0	29.0
Other pollutants							
NO ₂ (µg/m ³)	7.6	(4.5)	0.0	5.0	7.0	10.0	25.0
SO ₂ (µg/m ³)	4.3	(2.2)	2.0	3.0	4.0	6.0	12.0
O ₃ (µg/m ³)	38.5	(10.2)	12.5	23.2	37.1	53.0	91.0
Weather							
Temperature (C°)	26.7	(1.6)	22.0	26.0	27.0	28.0	30.0
Relative humidity (%)	77.5	(5.5)	57.0	74.0	77.5	82.0	93.0

p25:25th percentile.

p75:75th percentile.

SD: standard deviation.

doi:10.1371/journal.pone.0091136.t002

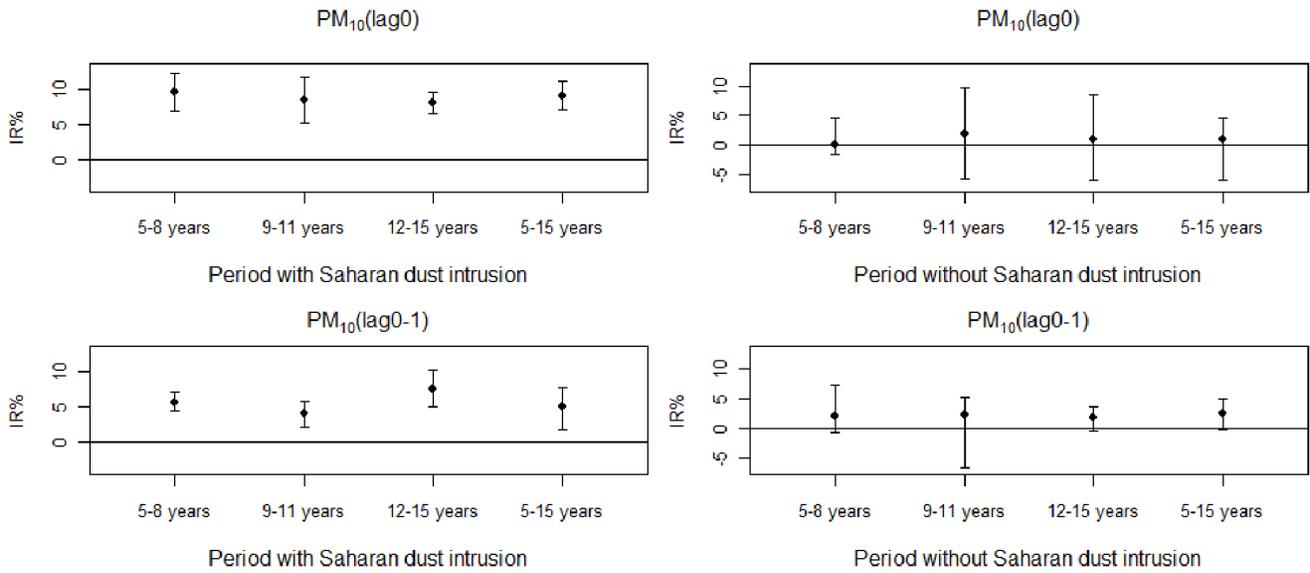


Figure 3. Percentage increase (IR %) of asthma-related visits to the ED for an increase of 10 µg/m³ of PM₁₀ on the day of the visit (lag 0) or the previous 0 to 1 days (lag 0–1)) in each subgroup of children (aged 5 to 8 years old, 9 to 11 years old and 12 to 15 years old and 5 to 15 years old) during periods with and without Saharan dust intrusions. Error bars represent 95% confidence intervals. doi:10.1371/journal.pone.0091136.g003

Samoli et al. objectified, in Athens, an increase in admissions for asthmatic conditions of 2.54% with the PM₁₀ during periods involving Saharan dust intrusions although the interaction between the presence of desert dust and the concentrations in PM₁₀ was not significant. This author also observed a maximum effect of the PM₁₀ on the actual day of exposure [26].

A study performed in Toyama, in Japan, observed an association between desert dust from Mongolia and China and the hospitalisation of children due to aggravated asthmatic conditions, by using a quantitative measurement of mineral dust in air [27]. The risk of hospitalisation for asthmatic conditions was high for boys and the youngest children, but in this study, only 6

days involved desert dust intrusions [27]. In our study, the effects of the PM₁₀ were marked, on days involving Saharan dust intrusions, on young children (5 to 8 years old) while the PM_{2.5–10} had a pronounced effect on teenagers (12 to 15 years old). Both pollutants had an effect on boys and girls. Several explanations can be proposed: young children have a greater tendency to breathe through their mouth than their nose and we know that the breathing process (nasal, oral) is an important factor in the deposit and concentration of pollutants at the level of the bronchial tree [28]. In addition, their respiratory frequency is high and they have a greater pulmonary surface per weight unit than an adult [29]. Moreover, they spend more time outside and still have an

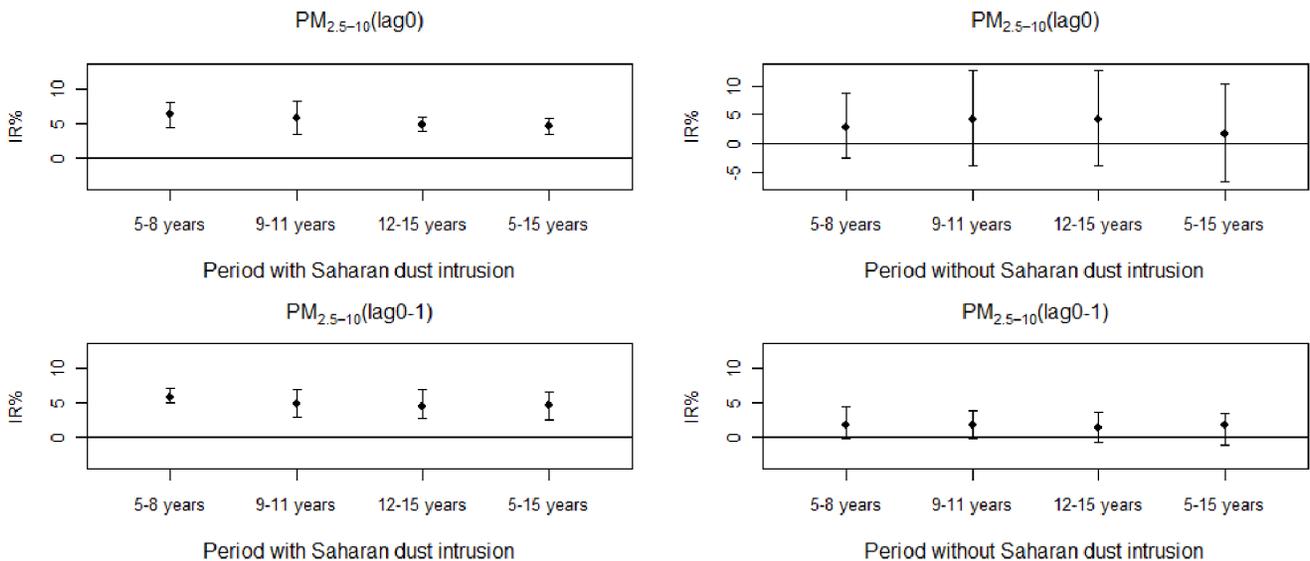


Figure 4. Percentage increase (IR%) of asthma-related visits to the ED for an increase of 10 µg/m³ of PM_{2.5–10} on the day of the visit (lag 0) or the previous 0 to 1 days (lag 0–1)) in each subgroup of children (aged 5 to 8 years old, 9 to 11 years old, 12 to 15 years old and 5 to 15 years old) during periods with and without Saharan dust intrusions. Error bars represent 95% confidence intervals. doi:10.1371/journal.pone.0091136.g004

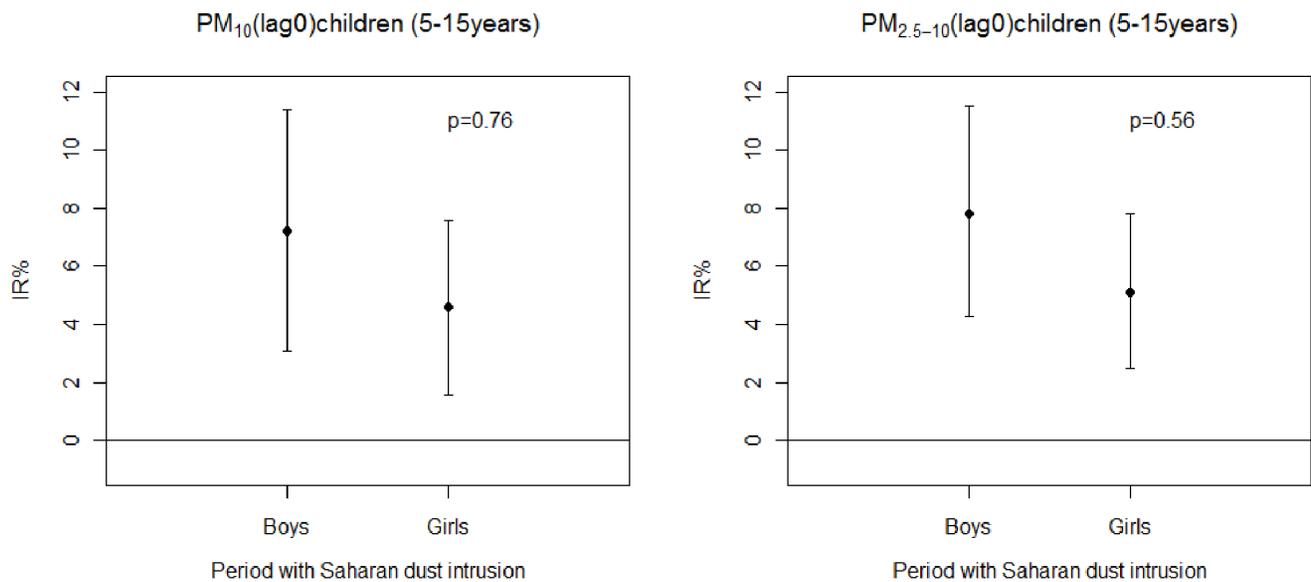


Figure 5. Percentage increase (IR %) of asthma-related visits to the ED for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ on the day of the visit (lag 0) in each subgroup of children (boys and girls) during a period with Saharan dust intrusions. Error bars represent 95% confidence intervals.
doi:10.1371/journal.pone.0091136.g005

immature immune system. In addition, boys, especially the youngest, are hyperactive [30]. Our results are consistent with other studies, which reported that the effects of the pollutants were significant among boys and young children [22].

The difference between the effects of the PM_{10} and $\text{PM}_{2.5-10}$ contained in dust on different age sub-groups is difficult to explain. A possible assumption concerns the location and quantity of dust deposit through the respiratory system. Venkataraman et al. showed that, on the basis of the mass of the particles, their deposit in the lungs and in the bronchi, was much higher with the PM_{10} than with the $\text{PM}_{2.5-10}$ [31]. The inflammatory potential of particles $\text{PM}_{2.5-10}$ is as experimentally high as for the PM_{10} [32]. Lin et al. observed an increase in hospitalisations for asthmatic conditions in the presence of the $\text{PM}_{2.5-10}$ [33].

In the Caribbean, two studies with the contradictory results were undertaken with Saharan dust:

The first study was carried out on the island of Trinidad, it used optical visibility to measure the density of dust and revealed, by using a Poisson regression model, a significant association between the decrease in visibility and the admissions of children due to asthmatic conditions adjusted to climatic variables [12]. The second study carried out in Barbados did not show any association between Saharan dust and the number of admissions for asthmatic conditions in the main hospital of the island [13].

The disparity of the observations in the Antilles seems to suggest a strong dependency on the surrounding environment. The polluting industries, automobile traffic, and natural presence of pollen or aerosols in suspension in the atmosphere create local particularities specific to each island of the Caribbean. The intrusion of Saharan dust can therefore have different impacts, which are more or less significant, on the health of the population being exposed [34].

In the United States, a study determined an association between the PM_{10} from desert dust and hospital admissions due to respiratory causes in Washington [35]. Another study performed in Anchorage (USA) highlighted an increase in hospital visits due

to asthma, bronchitis and high respiratory infections with $\text{PM}_{2.5-10}$ particles from desert dust [36].

In Asia, two studies carried out in Korea [37], [38], showed the significant effects of desert dust on asthmatic children, while another study, carried out in Taiwan [39], did not find any connection. In Australia, an impact on severe asthma conditions was highlighted during dust periods [40].

There still are a limited number of studies, which have been carried out on desert dust. A majority of studies support the possibility that pollutants contained in desert dust have an effect on asthmatic children. However, these studies are difficult to compare because the exposure measurements are not sufficiently described and the confounding factors are not controlled sufficiently [41].

The strong point of our study is that it provides a complete description of the pollutants during periods with and without Saharan dust intrusions and it analyzes the effects of Saharan dust among groups of children of different age and gender in addition to pollutants. As far as we know, this study showed, for the first time, that particles $\text{PM}_{2.5-10}$ contained in Saharan dust had an impact on the visits of children to the emergency department due to aggravated asthmatic conditions during the study period.

However, our study presents a certain number of limitations:

Firstly, this type of study is based on the assumption that all of the population under study was exposed to the same amount of pollutant, which cannot be verified. Moreover, it did not take into account the concentrations of pollutants actually inhaled by each child.

Furthermore, this study was carried out on a single site, which could lead to a selection bias.

In addition, the visits to the emergency department were counted by data-processing extraction according to the international classification of diseases (CIM 10th edition) J45–J46 and we cannot affirm the absence of errors in the codes.

Concerning pollen emissions, we used the pollinic calendar of the region, which is definitely less accurate than pollinic counting, which has not been implemented on the archipelago.

A bi-pollutant model was tested with the $PM_{2.5}$ and $PM_{2.5-10}$ but not between the PM_{10} and $PM_{2.5}$ or $PM_{2.5-10}$ due to the strong correlation existing between these pollutants. In addition, due to the fact that the gaseous and chemical pollutants did not show any connection with the sanitary variable, they were not tested by a bi-pollutant model.

Lastly, we did not obtain any data on the chemical or biological nature of the particles contained in the dust to confirm their mineral or anthropic origin.

Conclusion

This study showed that on days involving Saharan dust intrusions, during the study period, the PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ particulate pollutants contained in the dust were responsible for an excess risk for visits to the emergency department due to aggravated asthmatic conditions in children aged between 5 and 15 years old. These results deserve to be confirmed by other studies on this topic and could have interesting repercussions, especially concerning the implementation of preventive or therapeutic strategies aiming to improve the treatment of asthmatic children during days involving Saharan dust intrusions.

Supporting Information

Table S1 The excess risk percentages (IR %) with 95% confidence intervals (CI) of visits to the pediatric emergency department due to asthmatic conditions (stratified by age of the children) for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of pollutants (PM_{10} , $PM_{2.5-10}$) on the day of visit (lag 0) during periods with and without Saharan dust.

(DOCX)

Table S2 The excess risk percentages (IR %) with 95% confidence intervals (CI) of visits to the pediatric emergency department due to asthmatic conditions (stratified by age of the children) for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of pollutants (PM_{10} , $PM_{2.5-10}$) on the previous 0 to 1 days of visit (lag 0–1) during periods with and without Saharan dust.

(DOCX)

Table S3 Comparison of IR% (excess risk percentages) between groups of children 5–8 years and 9–11 years during periods of Saharan dust for PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ at lag 0 and lag (0–1).

(DOCX)

Table S4 Comparison of IR% (excess risk percentages) between groups of children 5–8 years and 12–15 years during periods of Saharan dust for PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ at lag 0 and lag (0–1).

(DOCX)

Table S5 The excess risk percentages (IR %) with 95% confidence intervals (CI) of visits to the pediatric emergency department due to asthmatic conditions (for all the children (5–15 years) for an increase of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of pollutants (PM_{10} and $PM_{2.5-10}$ (lag1, lag2, lag (0, 2), $PM_{2.5}$ (lag0, lag1, lag (0, 1) lag2, lag0, 2)) during periods with and without Saharan dust.

(DOCX)

Author Contributions

Conceived and designed the experiments: GC RT JM. Performed the experiments: GC RT JM. Analyzed the data: GC RT JM. Contributed reagents/materials/analysis tools: GC RT JM. Wrote the paper: GC.

References

- D'amato G, Baena-cagnani CE, Cecchi L, Annesi-Maesano I, Nunes C et al. (2013) Climate change, air pollution and extreme events leading to increasing prevalence of allergic respiratory diseases. *Multidiscip Respir Med* 1: 8–12.
- Monteil MA, Joseph G, Changkrit C, Wheeler G, Antoine RM. (2005) Comparison of prevalence and severity of asthma among adolescents in the Caribbean islands of Trinidad and Tobago: results of a nationwide cross-sectional survey. *BMC Public Health* 14: 5–96.
- Mounouchy MA, Cordeau L, Raheison C. (2009) Prevalence of asthma and related symptoms among adolescents in Guadeloupe: phase I of the ISAAC survey 2003. *Rev Mal Respir* 9: 944–51.
- Mortimer KM, Neas LM, Dockery DW, Redline S, Tager IB. (2002) The effect of air pollution on inner-city children with asthma. *Eur Respir J* 4: 699–705.
- Taylor DA. (2002) Dust in the wind. *Environ Health Perspect* 110: 80–7.
- Middleton NJ, Goudie AS. (2001) Saharan dust: sources and trajectories. *Trans inst Br Geogr* 26: 165–181.
- Coz E, Gomez-Moreno JG, Pujadas M, Casucio GS, Lersch TL et al. (2009) Individual particle characteristics of North African dust under different long-range transport scenarios. *Atmospheric Environment* 43: 1850–1863.
- Griffin DW. (2007) Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. *Clin Microbiol Rev* 20: 459–77.
- Ichinose T, Yoshida S, Sadakane K, Takano H, Yanagisawa R et al. (2008) Effects of Asian sand dust, Arizona sand dust, amorphous silica and aluminum oxide on allergic inflammation in the murine lung. *Inhal Toxicol* 20: 685–694.
- Middleton N, Yiallourou P, Kleanthous S, Kolokotroni O, Schwartz J, et al. (2008) 10-year time series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus. *Environ Health* 1: 7–39.
- Tobias A, Pérez L, Diaz J, Linares C, Pey J et al. (2011) Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: A case – crossover in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* 412: 386–389.
- Gyan K, Henry W, Lacaille S, Laloo A, Lamsee-Ebanks C et al. (2005) African dust clouds are associated with increased pediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean's island of Trinidad. *Int J Biometeorol* 49: 371–6.
- Prospero JM, Blades E, Naidu R, Mathison G, Thanie Hareh et al. (2008) Relation between African dust carried in the Atlantic trade winds and surges in pediatric asthma attendances in the Caribbean. *Int J Biometeorol* 52: 823–822.
- Aerosolloop. Available: http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol_web/loop_huml/globaer_centam_loop.html#.Accessed September 2013.
- Maclure M, Mittleman MA. (2000) Should we use a case-crossover design? *Annu Rev Public Health* 21: 193–221.
- Janes H, Sheppard L, Lumley T. (2005) Case-crossover analyzes of air pollution exposure data: referent selection strategies and their implications for bias. *Epidemiology* 16: 717–26.
- Alessandrini ER, Stafoggia M, Faustini A, Gobi GP, Forastiere F. (2013) Saharan dust and the association between particulate matter and daily hospitalizations in Rome, Italy. *Occup Environ Med* 70: 432–434.
- Mancino D, Vuotto ML, Minucci M. (1984) Effects of a crystalline silica on antibody production to T-dependent and T-independent antigens in Balb/c mice. *Int Arch Allergy Appl Immuno* 73: 10–13.
- Teceer LH, Alagha O, Karaca F, Tuncel G, Eldes N. (2008) Particulate matter ($PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$ and PM_{10}) and children's hospital admission for asthma and respiratory disease: a bidirectional case-crossover study. *J Toxicol Environ Health* 71: 512–520.
- Vedal S, Petkau J, White R, Blair J. (1998) Acute effects of ambient inhalable particles in asthmatic and non asthmatic children. *Am J Respir Crit Care Med* 157: 1034–43.
- Howitt ME. (2000) Asthma management in the Caribbean- an update. *Post grad Doctor Caribb* 16: 86–104.
- Dougherty RH, Fahy JV. (2009) Acute exacerbations of asthma: epidemiology, biology, and the exacerbation-prone-phenotype. *Clin Exp Allergy* 39: 193–202.
- Jaakkola JJ. (2003) Case-crossover design in air pollution epidemiology. *Eur Respi J Suppl* 40: 81–85.
- Bateson T F, Schwartz J. (1999) Control for seasonal variation and time trend in case-cross studies of acute effects of environmental exposures. *Epidemiology* 10: 539–544.
- Cadelis G, Tourres R, Molinie J, Petit RH. (2013) Exacerbations of asthma in Guadeloupe (French West Indies) and volcanic eruption in Montserrat (70 km from Guadeloupe). *Rev Mal Respir* 30: 203–14.
- Samoli E, Nastos PT, Paliastos AG, Katsouyanni K, Priftis KN. (2011) Acute effects of air pollution on pediatric exacerbation: Evidence of association and effect modification. *Environ Res* 3: 418–24.
- Kanatani KT, Ito I, Al-Delaimy WK, Adachi Y, Mathews WC et al. (2010) Desert dust exposure is associated with increased risk of asthma hospitalization in children. *Am J Resp Crit Care med* 182: 1475–1481.
- Bennett WD, Zeman KL, Jarabek AM. (2003) Nasal contribution to breathing with exercise: effect of race and gender. *J Appl Physiol* 95: 497–503.

29. Arcus-Arth A, Blaisdell RJ. (2007) Statistical distribution of daily breathing rates for narrow age groups of infants and children. *Risk Anal* 27: 97–110.
30. Bateson TF, Schwartz J. (2007) Children's response to air pollutants. *J Toxicol Environ Health A* 71: 3,238–243.
31. Venkataraman C, Kao AS. (1999) Comparison of particle lung doses from the fine and coarse fractions of urban PM₁₀ aerosols. *Inhal Toxicol* 11: 151–169.
32. BruneKreef B, Forsberg B. (2005) Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J* 26: 309–318.
33. Lin M, Chen Y, Burnett RT, Villeneuve PJ, Krewski D. (2002) The influence of ambient coarse particulate matter on asthma hospitalization in children : case-crossover and times-series analyses. *Environ Health Perspect* 110: 575–581.
34. Monteil MA. (2008) Saharan dust clouds and human health in the English-speaking Caribbean: what we know and don't know. 30: 439–43.
35. Schwartz J. (1996) Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology* 7: 20–28.
36. Gordian ME, Ozkaynak H, Xue J, Moriss SS, Spengler JD. (1996) Particulate air pollution and respiratory disease in Anchorage, Alaska. *Environ Health Perspect* 104: 290–297.
37. Park JW, Lim YH, Hyung SY, An CH, Lee SP et al. (2005) Effects of ambient particulate matter on peak expiratory flow rates and respiratory symptoms of asthmatics during Asian dust periods in Korea. *Respirology* 10: 470–476.
38. Hong YC, Pan XC, Kim SY, Park K, Park EJ, et al. (2010) Asian dust storm and pulmonary function of school children in Seoul. *Sci Total Environ* 408: 754–759.
39. Yang CY, Tsai SS, Chang CC, Ho SC. (2005) Effects of Asian dust storm events on daily admission for asthma in Taipei, Taiwan. *Inhal Toxicol* 17: 817–821.
40. Rutherford S, Clark E, Mc Tainsh G, Simson R, Mitchell C. (1999) Characteristics of rural dust events shown to impact on asthma severity in Brisbane, Australia. *Int J Biometeorol* 42: 217–225.
41. Hashizume M, Ueda K, Nishwaki Y, MichiKawa T, Onozuka D. (2010) Health effects of Asia dusts events : a review of the littérature. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 65: 413–21.

Nom et Prénom : TOURRES épouse de RIVOYRE Rachel

SUJET DE LA THESE : Effets à court terme des poussières de sable du Sahara sur les consultations pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du CHU de Pointe à Pitre en 2011

THESE : Médecine, Université des Antilles et de la Guyane **Qualification** : Médecine Générale
Année : 2016

Numéro d'identification : 2016ANTI0025

Mots clefs : exacerbation d'asthme, PM10 PM2.5 brumes de sable du Sahara, urgences pédiatrique

Introduction : La prévalence de l'asthme chez l'enfant est importante dans les Caraïbes. Parmi les facteurs étiologiques d'exacerbation d'asthme chez l'enfant, la pollution de l'environnement occupe une place conséquente. En Guadeloupe, la pollution est essentiellement apportée par les poussières du Sahara qui comportent des particules inhalables dont les taux dépassent durant plusieurs jours les valeurs limites autorisées pour la protection de la santé.

Matériel et méthode

Cette étude évalue sur un an (2011) les effets à court terme des polluants PM₁₀ (PM₁₀: particulate matter <10µm) et PM_{2.5-10} (PM_{2.5-10}: particulate matter >2.5 µm et <10µm) contenus dans les poussières du Sahara sur les visites des enfants âgés de 5 à 15 ans pour exacerbation d'asthme aux urgences pédiatriques du principal établissement sanitaire de l'archipel de la Guadeloupe. Un modèle cas-croisé stratifié sur le temps a été appliqué, pour les périodes avec et sans poussière du Sahara, et les données ont été analysées par une régression logistique conditionnelle pour l'ensemble des enfants mais aussi pour les sous-groupes de classe d'âge et de genre.

Résultats : Durant la période étudiée, les visites pour asthme ont concerné 836 enfants dont 514 garçons et 322 filles. Les poussières du Sahara ont affecté 15% des jours de l'étude (337 jours) et se sont accompagnées d'une élévation des concentrations moyennes journalières des PM₁₀ (49.7 µg/m³ vs 19.2 µg/m³ les jours sans poussières) et des PM_{2.5-10} (36.2 µg/m³ vs 10.3 µg/m³ les jours sans poussière). Le pourcentage d'excès de risque (IR%) des visites pour asthme des enfants âgés de 5 à 15 ans les jours de poussière comparativement aux jours sans poussière était pour les PM₁₀ de IR % = 9.1% (95% CI, 7.1%-11.1%) versus 1.1%(95% CI, -5.9%- 4.6%) et pour les PM_{2.5-10} IR% = 4.5% (95% CI, 2.5%-6.5%) versus 1.6%(95% CI, -1.1%-3.4%). Les enfants de 5 à 8 ans ont été plus sensibles aux PM₁₀ contenus dans les poussières que les adolescents de 12 à 15 ans (IR %: 9.5% versus 8%). Pour les garçons comparativement aux filles l'IR était de 7.2% (versus 4.6 %) pour les PM₁₀ et de (7.8 % versus 5.1%) pour les PM_{2.5-10}.

Conclusions : Les polluants PM₁₀ et PM_{2.5-10} contenus dans les poussières du Sahara ont augmenté le risque de visite aux urgences pédiatriques pour asthme en Guadeloupe sur la période étudiée.

Jury : Président : Professeur Guillaume THIERY

Juges : Professeur André-Pierre UZEL

: Professeur Thierry DAVID

Directeur de thèse : Docteur Gilbert CADELIS