

V^{ème} Congrès International d'Epidémiologie ADELF/EPITER



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE D'ENFANTS SCOLARISÉS À L' ÉCOLE PRIMAIRE EN GUADELOUPE

B. Amadeo, C. Robert, V. Rondeau, C. Raherison
pour l'association Karu Asthme



Epidémiologie de l'asthme



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Contexte

↘ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

- Maladie inflammatoire chronique des voies respiratoires
- Diagnostic
 - ▲ Symptôme : sifflements respiratoires
 - ▲ Mesure quantitative du souffle
- Origine environnementale résultant de l'interaction entre une prédisposition génétique et des facteurs environnementaux (pollution atmosphérique, allergène, maladies infectieuses...)
- Maladie chronique la plus fréquente chez les enfants
 - ▲ 10 – 15 % de prévalence chez jeunes adultes et adolescents
- Augmentation forte de la prévalence de l'asthme et des maladies allergiques depuis 30 ans
 - ▲ Hypothèse forte : modification récente des facteurs environnementaux



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Contexte

↘ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

Pollution atmosphérique et pathologie respiratoire

→ Effet délétère de la pollution atmosphérique en ville sur les pathologies respiratoires et allergiques chez les enfants

▲ ISAAC France : Asthme et réactivité bronchique corrélées positivement avec l'augmentation de l'exposition au SO_2 , O_3 et PM_{10} (Pénard-Morand, 2005)

→ Variation importante de la prévalence de l'asthme et des pathologies allergiques chez les enfants (Lai, 2009)

▲ Différences dans la source et la composition des polluants retrouvés dans les différentes régions du monde (Kim, 2008)



- Pas d'étude de l'impact de la pollution atmosphérique dans les caraïbes sur les pathologies respiratoires des enfants
 - ▲ Forte prévalence de l'asthme et des pathologies respiratoire
 - ▲ Prévalence de l'asthme de 15,2 % chez les enfants guadeloupéen de moins de 13 ans (Mounouchy, 2009)
 - ▲ Risque d'hospitalisation par asthme 1,9 fois plus élevé en Guadeloupe-Martinique comparées à la France Métropolitaine (Furhman, 2011)

→ Contexte

↘ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

Hypothèse et objectifs



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

Hypothèse

La pollution atmosphérique a un effet délétère sur la fonction respiratoire des enfants en Guadeloupe

Objectifs de l'étude

- Evaluer l'exposition à la pollution atmosphérique chez les enfants scolarisés à l'école primaire en Guadeloupe
- Mesurer les associations entre les polluants atmosphériques et la fonction respiratoire de ces enfants

→ Contexte

↘ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

Schéma d'étude et population



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

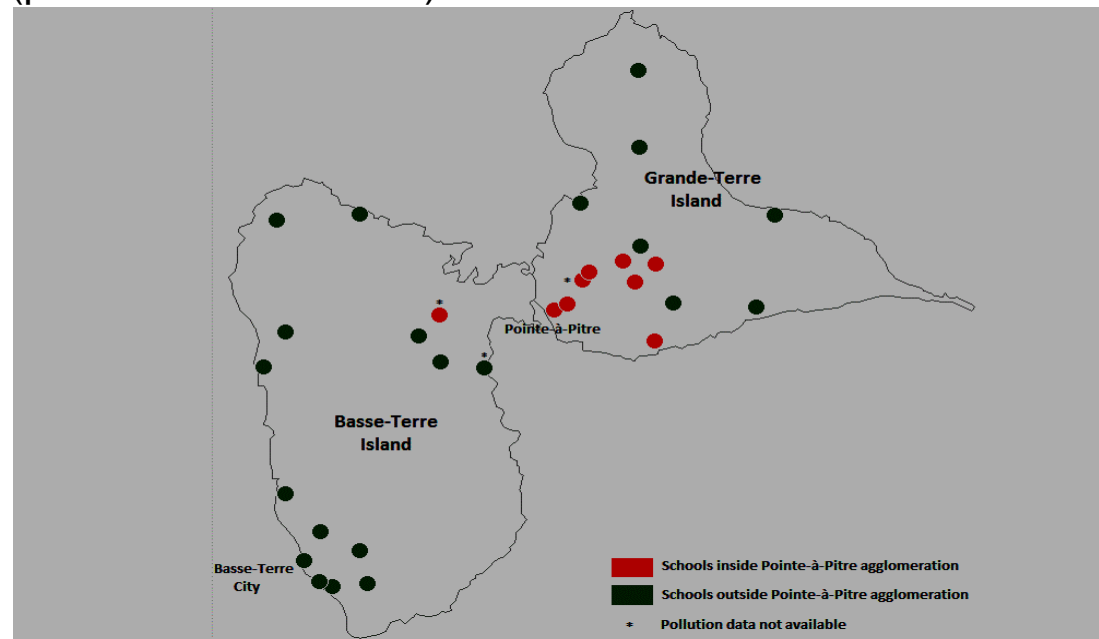
→ Contexte

→ Méthodes

→ Résultats

→ Conclusions

- Basé sur le protocole de la phase 2 d'étude ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) (Weiland, 2004)
- Étude épidémiologique d'observation transversale
- **Population d'étude** : Enfants scolarisés en classes de CM1 et CM2 dans les établissements de la Guadeloupe (Grande-Terre et Basse-Terre) durant l'année scolaire 2008-2009
- **Sondage aléatoire simple des établissements scolaires** : sélection de 30 écoles (près de 2000 enfants)



UNIVERSITÉ DE
BORDEAUX

Déroulement de l'étude ISAAC 2 Guadeloupe



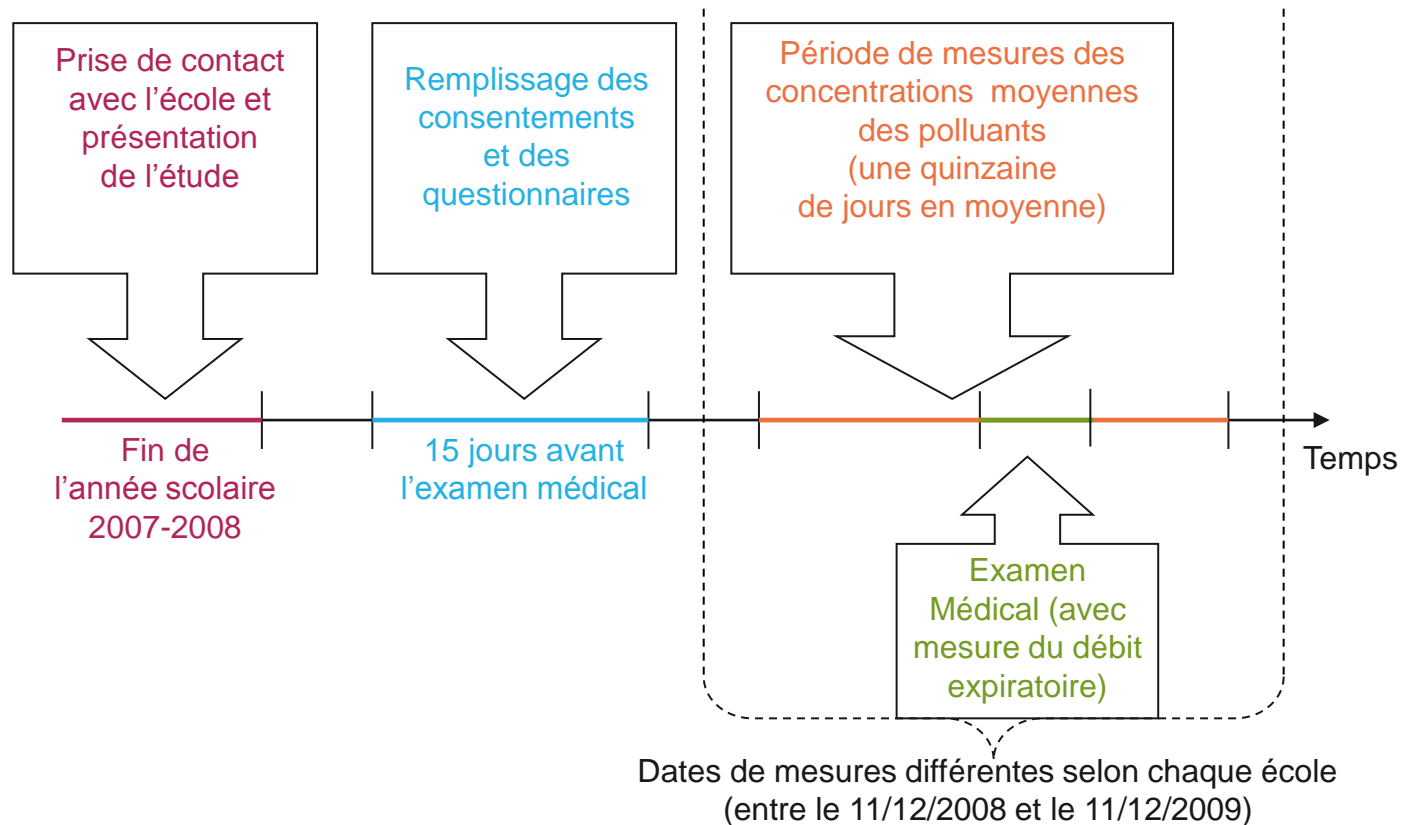
UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

➤ Contexte

➔ Méthodes

➤ Résultats

➤ Conclusions





UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

↗ Contexte

→ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

Evaluation de l'exposition à la pollution de l'air

Données transmises par l'Association GWAD'AIR

→ Pollution de proximité intérieure et extérieure

- ▲ O₃ et NO₂
- ▲ Tubes passifs posés dans les salles de classe (intérieur) et sous les préaux (extérieur) pendant une période de 15 jours
- ▲ 27 écoles (1436 enfants)

→ Pollution de fond

- ▲ O₃, NO₂, PM₁₀ et SO₂
- ▲ 3 stations fixes situées dans l'agglomération pointoise
- ▲ 7 écoles avec concentration des polluants homogènes (506 enfants)
- ▲ A moyen terme : Moyenne des concentrations moyennes journalières de chaque polluant pendant environ 2 semaines
- ▲ A court terme : Moyenne des concentrations journalières à J₀ jusqu'à J5

Analyse statistique



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

↗ Contexte

→ Méthodes

↘ Résultats

↘ Conclusions

- **Variables à expliquer** : Débit de pointe (DP) (L/min)
- **Variables d'ajustement forcées** : sexe (garçon/fille), âge (années), IMC (insuffisant/normal/obèse), naissance hors terme (oui/non), saison des pluies (oui/non), température extérieure (°C), humidité relative (%) + jour de la semaine (effet à court terme)
- **Variables d'ajustement non forcées** : scolarisation dans l'agglomération pointoise, asthme, atopie, dermatite atopique, antécédents familiaux, situation familiale de l'enfant, tabagisme passif, prise de médicaments contre l'asthme le jour de l'examen
- **Modèles mixtes à intercept aléatoire**
 - ▲ Effet de la pollution à moyen terme : modèles linéaires mixtes classiques
 - ▲ Effet de la pollution à court terme : modèles linéaires mixtes contraints (Rondeau, 2005)

Description générale de l'échantillon (1)



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Caractéristiques socio-démographiques et les facteurs environnementaux
(n=1713)

Variables	% de données renseignées	Moyenne ± ET ou fréquence
Facteurs socio-démographiques		
Age (unité : année)	100,0	10,3 ± 0,8
Sexe (masculin)	100,0	47,6
IMC	99,2	
<i>Insuffisant</i>		7,3
<i>Normal</i>		71,7
<i>Surpoids/Obèse</i>		21,0
Situation familiale de l'enfant	89,1	
<i>Avec les deux parents</i>		53,7
<i>Avec la mère</i>		42,3
<i>Avec le père</i>		1,8
<i>Autre</i>		2,2
Niveau d'études des parents	77,3	
<i>Etudes primaires ou secondaires</i>		63,4
<i>Etudes supérieures</i>		36,6
Facteurs environnementaux		
Humidité relative (unité : %)	100,0	67,5 ± 15,1
Température extérieure (unité : °C)	100,0	27,9 ± 1,8
Saison des pluies	100,0	42,0
Exposition au tabagisme passif	60,0	14,5

Abréviations : ET, Écart-type ; IMC, Indice de Masse Corporelle



Description générale de l'échantillon (2)



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Antécédents médicaux et les indicateurs de santé (n=1713)

Variables	% de données renseignées	fréquence
Antécédents médicaux		
Naissance à terme	83,1	72,9
Antécédents familiaux d'asthme, d'eczéma ou de rhume allergique	100,0	25,4
Atopie	100,0	25,0
Prise de médicaments contre l'asthme le jour de l'examen médical	100,0	5,1
Indicateurs de santé		
Antécédent de crises d'asthme	100,0	16,2
Sifflements dans la poitrine à un moment quelconque de la vie	87,5	27,8
Durant les 12 derniers mois, sifflements dans la poitrine à un moment quelconque	100,0	12,2
Antécédent de rhume des foins (allergies aux pollens)	76,0	17,0
Antécédent d'éternuements, de nez qui coule ou de nez bouché hors infection respiratoire	83,7	40,9
Durant les 12 derniers mois, éternuements, nez qui coule ou nez bouché hors infection respiratoire	100,0	28,8
Antécédent d'eczéma	82,1	20,0
Dermatite atopique	100,0	3,0
Au moins un des 11 tests allergologiques cutanés positif	100,0	24,0

Abréviations : ET, Écart-type.

↗ Contexte

↗ Méthodes

→ Résultats

↘ Conclusions

Description de la pollution atmosphérique



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

Concentrations des différents polluants étudiés à moyen terme

Polluants	WHO Guidelines en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Type de pollution	Nombre d'écoles	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
				Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
O_3	100	Proximité intérieure	27	49,5	14,8	23,6	80,1
		Proximité extérieure	27	55,3	16,4	21,1	90,9
		Fond	7	54,1	6,8	40,5	59,2
NO_2	40	Proximité intérieure	27	5,3	4,3	0,9	21,5
		Proximité extérieure	27	5,3	3,5	0,9	15,3
		Fond	7	14,8	3,8	11,5	22,1
SO_2	20	Fond	7	4,7	3,7	1,8	12,7
PM_{10}	20	Fond	7	23,9	6,8	16,5	33,4

WHO air quality guidelines, 2005

- O_2 , NO_2 et SO_2 : concentrations inférieures aux recommandations OMS dans l'ensemble des écoles
- PM_{10} : concentrations supérieures dans 5 écoles

→ Contexte

→ Méthodes

→ Résultats

→ Conclusions

Effet de la pollution de proximité



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

- Associations entre l'exposition à la pollution atmosphérique **de proximité à moyen terme** (intérieure et extérieure) et la fonction respiratoire des enfants

Polluants en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Modélisation du DP	
	β (IC 95%)	Intercept aléatoire propre à l'école (<i>P</i> valeur)
Intérieur		
O_3	-0,21 (-0,55 ; 0,13)	43,39 (0,02)
NO_2	0,15 (-0,85 ; 1,16)	48,33 (0,01)
Extérieur		
O_3	-0,32 (-0,61 ; -0,03)	28,43 (0,09)
NO_2	-0,04 (-1,25 ; 1,17)	47,91 (0,01)

Abréviations : DP, Débit expiratoire de Pointe ; O_3 , ozone; NO_2 , dioxyde d'azote; IC 95%, Intervalle de Confiance à 95%

Effet de la pollution de fond

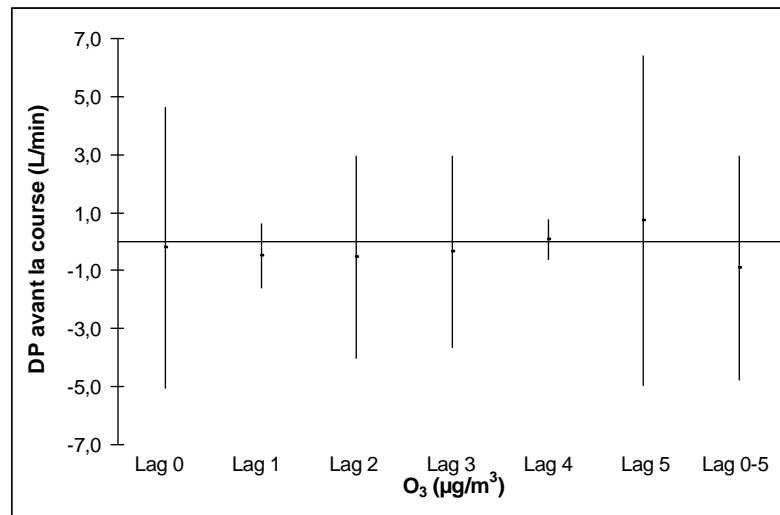


UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Associations entre l'exposition à la pollution atmosphérique **de fond à moyen terme** et le DP avant la course (exemple de l'O₃)

Polluants en µg/m ³	Modélisation du DP avant la course	
	β (IC 95%)	Intercept aléatoire propre à l'école (P valeur)
Interaction entre l'O₃ (Fond) et l'asthme (p=0,05)		89,30 (0,04)
O ₃ chez les non-asthmatiques	-0,13 (-2,32 ; 2,07)	
O ₃ chez les asthmatiques	-1,88 (-4,50 ; 0,74)	

→ Aucune associations entre l'exposition à la pollution atmosphérique **de fond à court terme** et une diminution de la fonction respiratoire



→ Contexte

→ Méthodes

→ Résultats

→ Conclusions

Conclusions



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Contexte

→ Méthodes

→ Résultats

→ Conclusions

- Confirmer la prévalence élevée de l'asthme et des pathologies allergiques
- Améliorer les connaissances sur la pollution atmosphérique
 - ▲ Concentration des PM₁₀ supérieures aux recommandations OMS dans 5 des 7 écoles
- Etudier l'impact de faible niveau de pollution sur la fonction respiratoire d'enfant
 - ▲ Concentration de l' O₃ de proximité extérieur significativement associée à la baisse du DP avant la course
 - ▲ Effet plus important de la concentration d'O₃ de fond à moyen terme chez les asthmatiques que les non-asthmatiques
 - ▲ Pas d'association avec l'exposition aux polluants intérieurs contrairement à d'autres études (2012, Annesi-Maesano)
 - ▲ Pas d'association avec NO₂, SO₂ et PM₁₀

Limites

- Echantillon limité pour la mesure de la pollution de fond (n=7 écoles)
- Rôle confondant de certains médicaments non pris en compte (ex : corticoïdes)
- Exposition à la pollution au domicile non prise en compte



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

Merci de votre attention.

Perspectives



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

→ Nouveaux travaux nécessaires

- ▲ Prise en compte d'autres polluants
- ▲ Mesures quotidiennes des concentrations des polluants à proximité des écoles
- ▲ Mesures des expositions au domicile
- ▲ Effets toxicologiques et biologiques des particules provenant des poussières du Sahara (Mallone, 2011)
- ▲ Elaboration de nouvelles approches statistiques permettant de prendre les effets combinés des polluants dans un même modèle (Billionnet, 2012)

↗ Contexte

↗ Méthodes

↗ Résultats

↗ Discussion

→ Conclusions



Modèles mixtes à intercept aléatoire

➔ Effet de la pollution à moyen terme : modèles linéaires mixtes classiques

$$Y_{ic} = \beta_0 + \gamma_{0c} + \beta_{Polluant} * Polluant_{ic} + \beta * X_{ic} + \varepsilon_{ic}$$

où $\gamma_{0c} \sim N(0, \sigma^2_{\gamma_0})$, $\varepsilon_{ic} \sim N(0, \sigma^2_{\varepsilon})$, $(\gamma_{01} \dots \gamma_{0k}) \perp (\varepsilon_1 \dots \varepsilon_k)$

Y_{ic} : variable à modéliser

c : école ($c=1, \dots, k$)

i : enfant scolarisé au sein de l'école c ($i=1, \dots, n$)

β_0 : intercept fixe

γ_{0c} : intercept aléatoire propre à école c

$Polluant_{ic}$: concentration du polluant étudié pour l'enfant i de l'école c

$\beta_{Polluant}$: effet du polluant

X_{ic} : matrice des variables d'ajustement

β : vecteur des paramètres des variables d'ajustement

ε_{ic} : erreur de mesure

➔ Effet de la pollution à court terme : modèles linéaires mixtes contraints

$$Y_{cit} = \beta_0 + \gamma_{0c} + \zeta^T * X_{ct} + \xi^T * X_{ci} + \sum_{\ell=0}^5 \delta_{\ell} * (Z_{i,t_{\ell}}) + \varepsilon_{ic}$$

Y_{cit} : variable à modéliser

t : jour de l'examen médical

X_{ct} : matrice des variables dépendantes du temps

ζ : vecteur des effets des variables dépendantes du temps

X_{ci} : matrice des variables individuelles

ξ : vecteur des effets des variables individuelles

$Z_{i,t_{\ell}}$: concentration du polluant mesurée le ℓ ième jour avant l'examen

$\delta_{\ell} = \sum_{d=0}^D \gamma_d \ell^d$: effet de la pollution du jour ℓ

$\sum_{\ell=0}^5 \delta_{\ell}$: effet global de la pollution sur la période considérée