

Campagne de mesure du NO2 par échantillonnage passif dans l'agglomération de Kourou

Etude 2014

28/08/2015

Ref : 06-14-TP-K

ORA de Guyane
Immeuble EGTRANS INTERNATIONAL
ZI de Dégrad-des-Cannes (le Port)
97343 Cayenne cedex
Tel : 05 94 28 22 70 - Fax : 05 94 30 32 58
www.ora-guyane.org



Campagne de mesure du NO₂ par échantillonnage passif dans l'agglomération de Kourou

Etude 2014

Ville de Kourou

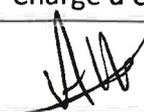
ORA de Guyane

Juin et Octobre 2014

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné t, caractérisé par des conditions climatiques propres.

L'ORA de Guyane ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Alexandre GATINEAU	Kathy PANECHOU-PULCHERIE	Rodolphe SORPS
Qualité	Chargé d'étude	Directrice	Président
Visa			

Liste des sigles et acronymes

- ATEX : ATmosphère Explosive
- CO : Monoxyde de carbone
- CO₂ : Dioxyde de carbone
- COV : Composé Organique Volatil
- GEPOG : Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux de Guyane
- H₂ : Dihydrogène
- HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
- INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des riSques
- INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité
- IRCSS : Istituto di Ricovero e Cura, riconosciuto a Carattere Scientifico.
- CH₄: Méthane
- O₃ : Ozone
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- ORA : Observatoire Régional de l'Air
- PM 2.5 : Particule de moins de 2.5 µm de diamètre/ particules fines
- PM 10 : Particule de moins de 10 µm de diamètre/ particules en suspension
- VLCT : Valeur Limite à Court Termes
- VME : Valeur Moyenne d'Exposition

Sommaire

<i>Liste des sigles et acronymes</i>	4
<i>Sommaire</i>	5
<i>Introduction</i>	6
I. Présentation de l'étude	6
1. Contexte de l'étude	6
a. Développement du réseau de qualité de l'air de la Guyane	6
b. Généralités sur la qualité de l'air en Guyane	6
2. Cadre réglementaire de l'étude	7
a. Normes et textes de référence	7
b. Généralités sur les oxydes d'azote	8
c. Législation	8
3. Protocole mis en place	9
a. Méthode de prélèvement (PASSAM, 2006)	9
b. Emplacement des sites de l'étude	10
c. Durée de la campagne de mesures	12
II. Résultat de la campagne de mesures	12
1. Saison des pluies	12
a. Conditions météorologiques	12
b. Assurance qualité	14
c. Résultats	14
2. Saison sèche	15
a. Conditions météorologiques	15
b. Assurance qualité	16
c. Résultats	17
III. Discussion des résultats	18
1. Evaluation préliminaire de la qualité de l'air de Kourou	18
2. Evolution de la pollution de 2007 à 2014	19
<i>Conclusion</i>	21
<i>Bibliographie</i>	22
<i>Table des illustrations</i>	22
<i>Annexe 1 : traitement des données</i>	22
<i>Annexe 2 : définition des personnes sensibles et vulnérables</i>	25
<i>Annexe 3 : zonage de la Guyane au 1^{er} Janvier 2010</i>	26

Introduction

I. Présentation de l'étude

1. Contexte de l'étude

a. Développement du réseau de qualité de l'air de la Guyane

L'augmentation exponentielle de la population Guyanaise, ainsi que l'arrivée d'une part importante de la jeunesse dans le monde actif, entraîne une augmentation rapide du trafic automobile, de l'activité humaine et des émissions de polluants atmosphériques. L'effet de saturation des routes en période de fort trafic automobile va s'accroître et avoir un impact de plus en plus grave sur notre air.

La demande énergétique augmentant, il faudra accroître la production d'électricité (hydraulique, thermique, photovoltaïque, bois énergie, micro hydraulique), qui, suivant la politique choisie, aura un coût environnemental plus ou moins fort. De même, l'augmentation des exploitations agricoles et de maladies transmises par le moustique, devraient entraîner un accroissement de la présence de pesticides dans l'air de certaines communes.

De nombreux projets, tels que le forage de pétrole au large de la Guyane, le développement des exploitations aurifères légales et illégales, ainsi que la croissance de l'activité spatiale devraient créer de nouvelles problématiques qui devront être prises en compte afin d'assurer un suivi et un contrôle de l'impact de l'activité de l'homme sur la qualité de notre air en Guyane Française.

Dans ce contexte, l'ORA de Guyane met en œuvre ses moyens humains et techniques afin d'étendre le réseau de surveillance de qualité de l'air Guyanais. Ce développement demande, comme en 2007, la mise en œuvre de campagne de mesures à l'échelle communale, dans le but de déterminer la meilleure stratégie pour la définition du site d'implantation de la future station fixe à Kourou, ville référente de la zone régionale de Guyane FR40N20 (cf annexe 3 sur le zonage).

b. Généralités sur la qualité de l'air en Guyane

Actuellement, la principale pollution de l'air de Guyane est due aux particules de brumes du Sahara (ORA, 2014). D'origine naturelle, elles s'expliquent par la mise en suspension dans l'atmosphère de «particules désertiques» qui sont ensuite transportées de l'Afrique à l'Amérique dans une couche d'air sec appelée Saharan Air Layer¹ (Carlson & Prospero, 1972). Une partie de ces particules fait moins de 10 µm de diamètre, et peut pénétrer dans l'appareil respiratoire, entraînant des risques pour les personnes sensibles/vulnérables comme des crises d'asthme ou des irritations des voies respiratoires (Pope & Dockery, 2006).

¹ SAL

La période durant laquelle la Guyane est la plus touchée, s'étend de Janvier à Avril, et peut être qualifiée de « saison des poussières ». Les seuils d'information et de recommandation (qualité de l'air mauvaise) et d'alerte (qualité de l'air très mauvaise) sont souvent dépassés.

Outre les poussières du Sahara, de nombreuses sources de pollution sont à relever sur le territoire Guyanais :

- En saison sèche, des **feux de broussailles et de décharges** se déclarent, entraînant l'émission de fumées asphyxiantes et irritantes, qui, si répétés, peuvent entraîner le développement de maladies graves chez les individus en raison de la présence de polluants à toxicités spécifiques telles que les HAP ou les dioxines.
- Dans le cadre de l'extermination de population d'insectes tels que les moustiques, mais aussi dans les zones agricoles, de nombreux **pesticides** sont utilisés², et présentent potentiellement un danger.
- **L'activité industrielle** de Guyane concentrée principalement à Kourou (Centre Spatial Guyanais³, Pariacabo) et à Rémire-Montjoly (Dégrad-Des-Cannes⁴) génère une pollution de l'air, ainsi que l'industrie aurifère qui émet du mercure dans l'atmosphère, un métal lourd neurotoxique à durée de vie longue, donc persistant dans l'environnement.
- La circulation automobile génère des oxydes d'azote, des particules et est à l'origine indirecte de la synthèse d'ozone. Leurs concentrations varient en fonction de la densité du trafic automobile, avec des taux maximums en oxyde d'azote et en particules lors des heures de pointe.

2. Cadre réglementaire de l'étude

a. Normes et textes de référence

Cette étude se base sur les documents suivants :

- Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote ; coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air (ADEME, 2002).
- FprEN 16339 – Air ambiant – Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion (AFNOR, 2013).

A partir des résultats d'analyses des tubes passifs, l'ORA réalise une cartographie des polluants NO₂ sur la zone d'étude. Les résultats des mesures sont interprétés en fonction des valeurs règlementaires, (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air et portant la transposition de la Directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe).

² Deltaméthrine, Malathion...

³ CSG

⁴ DDC

b. Généralités sur les oxydes d'azote

Le NO⁵, ainsi qu'une petite quantité de NO₂⁶ sont produits lors des combustions à haute température par la recombinaison du dioxygène et du diazote de l'air. Une fois dans l'atmosphère, en présence d'hydrocarbure et de lumière, le NO s'oxyde en NO₂. Le mélange de ces deux gaz est noté NOx⁷. La principale source d'émission des NOx est la **circulation automobile**.

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Il peut augmenter la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques, diminuer les défenses immunitaires et altérer les fonctions pulmonaires. Les NOx participent aux phénomènes des pluies acides et à la formation de l'ozone troposphérique, lui aussi, toxique (Masplet, 2005).

c. Législation

Pour le dioxyde d'azote, les instances Françaises et Européennes donnent des objectifs en termes de concentration à respecter et l'OMS⁸ donne des valeurs guides pour la protection des individus (Air parif, 2010).

OMS :

L'OMS recommande un niveau d'exposition inférieur à 200µg/m³ pour une durée d'une heure, et de 40 µg/m³ pour une année, pour lesquels aucun effet nuisible sur la santé humaine ou sur la végétation n'a été observé.

Législation Européenne :

La directive 2008/CE/50 impose comme limite une moyenne annuelle de 40µg/m³ et une moyenne horaire de 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an. De plus, dans le but d'établir le mode de surveillance à mettre en œuvre dans une zone, la directive définit deux valeurs seuils : un seuil d'évaluation inférieur⁹ fixé à 26µg/m³ de moyenne annuelle et un seuil d'évaluation supérieur¹⁰ à 32µg/m³ de moyenne annuelle. Si les concentrations obtenues sont inférieures au SEI, il sera suffisant de contrôler la qualité de l'air à l'aide d'outils de modélisation et/ou d'estimation objective. Au contraire, si les valeurs sont supérieures au SES, le site devra être contrôlé à l'aide de mesures fixes.

Législation Française :

Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 s'aligne sur la législation Européenne et impose donc comme objectif de qualité et comme valeur limite une moyenne annuelle de 40 µg/m³. En moyenne horaire, il ne faut aussi pas dépasser plus de 18 heures par an la concentration de 200 µg/m³.

⁵ Monoxyde d'azote

⁶ Dioxyde d'azote

⁷ Oxydes d'azote

⁸ Organisation Mondiale de la Santé

⁹ SEI

¹⁰ SES

	Objectif de qualité	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine		Valeurs limites de protection de la végétation	Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte
	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois par an	Moyenne annuelle	Moyenne horaire	Moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives
France	40 µg/m ³	40 µg/m ³	200µg/m ³	30µg/m ³	200µg/m ³	400µg/m ³
Europe	40 µg/m ³	/	200µg/m ³	/	/	/
OMS	/	40 µg/m ³	200µg/m ³	/	/	/

Tableau 1: récapitulatif de la législation pour le dioxyde d'azote

3. Protocole mis en place

a. *Méthode de prélèvement (PASSAM, 2006)*

Les prélèvements ont été effectués par des tubes passifs (Figure 1), afin de déterminer les concentrations en dioxyde d'azote.

i. *Echantillonneur passif pour la mesure du dioxyde d'azote*

Le NO₂ est collecté par diffusion moléculaire depuis le tube inerte jusqu'à l'adsorbant, qui est ici la Triéthanolamine. Les concentrations en NO₂ sont déterminées par spectrophotométrie via la méthode de Saltzmann. L'échantillon est un tube en polypropylène, placé dans une boîte de protection contre la pluie et le vent.

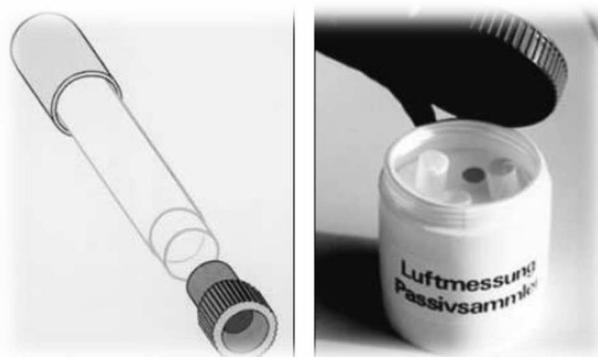


Figure 1 : tube passif et boîte de protection pour la mesure du NO₂

Les tubes passifs ont été fournis par la société suisse PASSAM¹¹, référence auprès de nombreux bureaux d'études et des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air¹². Après une exposition de 15 jours à l'air ambiant, les cartouches adsorbantes ont été envoyées au laboratoire de la société PASSAM, où elles ont été analysées suivant les protocoles spécifiques. A l'issue des analyses, une concentration moyenne a été fournie

¹¹ Accréditation suisse ISO/IEC 17025 STS 149

¹² AASQA

pour le temps d'exposition et pour chaque site de mesure. Ces résultats doivent être recalculés afin de respecter la première loi de Fick et pour normaliser les résultats aux conditions de références de 20°C pour la température et de 1013hPa pour la pression atmosphérique (ADEME, 2002).

Les tubes sont disposés à une hauteur de 2 à 2,5 mètres environ afin de représenter au mieux l'exposition humaine.

Des tubes spécifiques à la validation métrologique sont indispensables :

- le « blanc terrain » : positionné sur un site pendant la même période d'exposition, mais sans être débouché, afin de mettre en évidence une éventuelle contamination des tubes
- les doublons : disposés sur certains sites, afin de connaître la répétabilité de la mesure

Les emplacements des points de mesures sont définis par l'ORA afin de « quadriller au mieux » la ville de Kourou. Les emplacements de la campagne de 2007 sont conservés.

ii. Les avantages et les limites de l'échantillonnage passif

Cette technique permet de couvrir une vaste zone géographique et ainsi d'équiper un nombre important de sites en même temps. Elle fonctionne de manière autonome, ne requiert pas d'entretien et surtout ne nécessite pas d'apport d'énergie. Elle peut donc être utilisée dans les zones à risque comme les zones ATEX. De plus, ces échantillonneurs ne nécessitent pas d'étalonnage sur le terrain. Leur préparation, leur mise en œuvre et leur analyse sont faciles.

Ne fournissant pas de données en temps réel, cette méthode ne permet pas d'observer les pics de pollution et l'évolution journalière de la concentration dans le temps.

b. Emplacement des sites de l'étude

La Figure 2 présente les 19 sites concernés par l'étude, dont trois doublons, choisis afin de déterminer les concentrations en NO₂ dans la ville spatiale. Les sites des campagnes de mesures précédentes ont été conservés¹³ afin de comparer les résultats de 2007 et 2014. En outre, trois nouveaux sites sont étudiés afin d'augmenter la précision de l'étude. Afin d'assurer la qualité des mesures, des doublons sont mis en place au collège Agarande (44 et 44D), à l'IUT (49 et 49D) et au Lycée Gaston Monnerville (58 et 58D).

¹³ Certains points ont pu être légèrement déplacés en raison de contraintes rencontrées sur le terrain

Numéro du site ORA 2014	Numéro du site ORA 2007	Type de zone
42	42	Urbaine
43	43	Urbaine
44	44	Urbaine
44D	44D	Urbaine
45	45	Urbaine
46	46	Urbaine
47	47	Urbaine
48	48	Urbaine
-	48T	Urbaine
49	49	Urbaine
49D	49T	Urbaine
50	50	Industrielle
51	51	Urbaine
52	52	Urbaine
53	53	Industrielle
54	54	Industrielle
55	55	Urbaine
56	56	Urbaine
57	57	Urbaine
58	-	Urbaine
58D	-	Urbaine
59	-	Urbaine
60	-	Urbaine

Tableau 2 : liste des sites de l'étude



Figure 2 : emplacement des sites d'étude

c. *Durée de la campagne de mesures*

La campagne de mesure s'est déroulée en saison des pluies du 23/06/2014 au 07/07/2014, et en saison sèche, du 02/10/2014 au 17/10/2014. Les durées d'exposition ont été de 15 jours.

II. Résultat de la campagne de mesures

1. Saison des pluies

a. *Conditions météorologiques*

Les conditions météorologiques ayant une influence sur la dispersion et la transformation des polluants, il est indispensable de les prendre en compte lors de la surveillance de la qualité de l'air.

- Le vent joue un rôle important dans la dispersion et le déplacement des polluants dans l'atmosphère. Plus un vent sera fort et meilleure sera la dilution d'une pollution, entraînant une amélioration de la qualité de l'air. La direction des vents influe sur le

déplacement des composés chimiques présents dans l'air, donc sur les zones qui seront impactées par ces derniers.

- La pluie entraîne un lessivage de l'atmosphère, par la diminution des concentrations en polluants dans l'air. Il y a soit incorporation du composé qui se solubilise dans la goutte d'eau, soit abattement par effet mécanique des polluants ensuite transférés dans les sols et les eaux de surfaces.
- En condition « normale », la température diminue avec l'altitude. Cependant, il arrive que cela s'inverse, entraînant un phénomène appelé couche d'inversion. La dispersion verticale des polluants est bloquée et provoque une dégradation de la qualité de l'air.
- Plus la lumière et la température seront élevées et plus la dégradation des composés organiques volatils et des oxydes d'azote par des réactions avec les radicaux hydroxyles sera importante et générera de l'ozone.

Mois	Température minimale	Température maximale	Précipitations	Ensoleillement
Juin (relevé)	24.1°C	29.9°C	344.8mm	153.5h
Juin (normales)	23.2°C	29.7°C	377.1mm	172.3h
Juillet (relevé)	23.0°C	30.4°C	237.6mm	-
Juillet (normales)	22.7°C	30.4°C	148.6mm	219.6h

Tableau 3 : relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison des pluies

Notre période d'étude en saison des pluies n'a pas été exceptionnelle en termes de données météorologiques (Tableau 3) : le mois de Juillet a subi de bons arrosages avec 237.6mm de pluie relevés contre 148.6mm en moyenne. Concernant les vents à cette période, la ville de Kourou est soumise au régime des Alizés venant d'Est à Nord-Est (Figure 3).

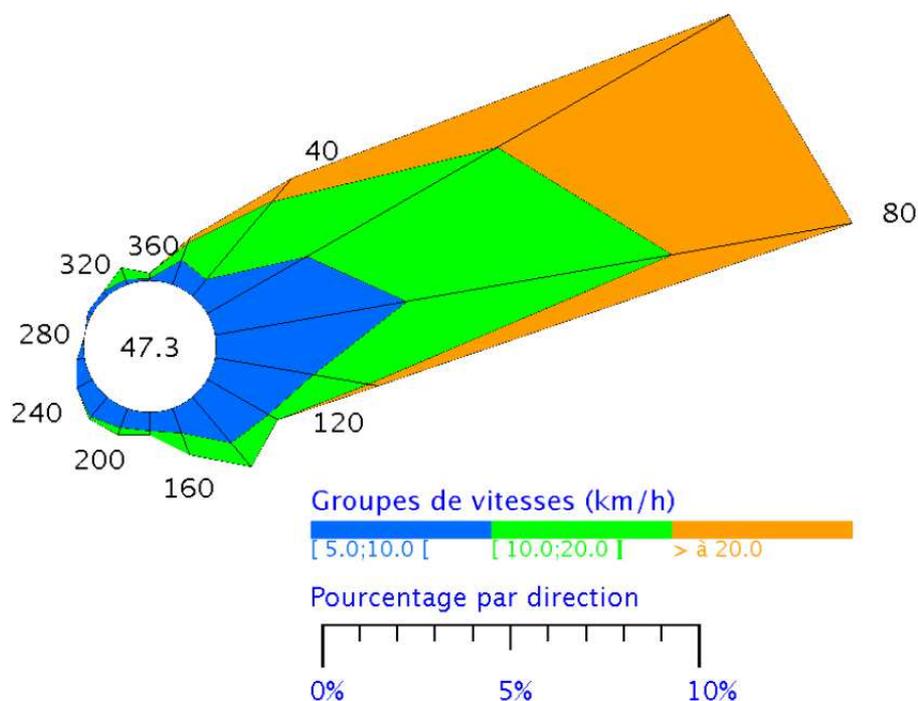


Figure 3 : rose des vents de Juin 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury

b. Assurance qualité

Afin d'assurer la qualité des résultats obtenus par l'utilisation de tubes passifs, des blancs terrains et doublons ont été placés lors de la campagne de mesures.

i. Tubes blancs

Les blancs terrains sont des tubes passifs qui suivent les mêmes manipulations que les échantillons (stockage, transport sur site puis envoi au laboratoire), sans par contre être exposés. Ils permettent de vérifier qu'aucune contamination n'a touché les tubes pendant ces différentes étapes de la campagne de mesures. Un second tube appelé « blanc labo » a été stocké dans un frigo, afin de ne surveiller que les problèmes qui auraient pu avoir lieu lors de la livraison des tubes, puis du renvoi en Suisse, au laboratoire PASSAM. Les résultats des deux blancs sont inférieurs à la limite de détection de $0.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la méthode, nos échantillons n'ont donc à priori pas subi de contamination.

ii. Doublons

Deux tubes passifs mesurant en un même site le même polluant ont été installés en plusieurs points afin de valider la bonne qualité des données recueillies par cette méthode de prélèvement. L'Ecart Relatif¹⁴ est calculé pour chaque doublon et ne doit pas dépasser 20%. Pour deux dupliquas A et B, l'ER est défini par la relation suivante :

$$\text{ER (\%)} = \frac{100 \times [CA - ((CA+CB)/2)]}{((CA+CB)/2)}$$

CA : Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du duplica A

CB : Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du duplica B

Nom du tube	Numéro du site	Concentration saison des pluies	ER
Site collège Agarande	44	$9.0\mu\text{g}/\text{m}^3$	3%
	44D	$8.5\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Site IUT	49	$8.4\mu\text{g}/\text{m}^3$	3%
	49D	$7.9\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Site lycée Monnerville	58	$2.4\mu\text{g}/\text{m}^3$	2%
	58D	$2.5\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Tableau 4 : écarts relatifs des doublons en saison des pluies

Sur ces trois sites avec doublons, l'écart relatif n'excède pas les 3%, ce qui est très nettement inférieur aux 20% recommandés à ne pas dépasser.

c. Résultats

La partie Ouest de Kourou où se situent les points 50, 53 et 54 (Figure 4), est une zone industrielle, alors que la partie Est est principalement résidentielle. La ville est classée en « Zone Régionale », le trafic y reste modéré et il n'y a pas de grands axes routiers : les concentrations en NO_2 sont donc faibles.

¹⁴ ER

La Figure 4 restitue l'emplacement des points de mesure avec les concentrations observées : ces dernières sont basses. Le maxima est $8.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ au point 44, près du collège Agarande. Les autres fortes valeurs se trouvent près de l'IUT de Kourou, d'un garage automobile et d'un centre commercial, en 49, 50 et 56, où les concentrations observées sont respectivement de 8.1, 7.8 et $8.0\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le site 54, proche du rond-point menant au CSG, a une concentration de $7.6\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le reste des points de mesure montre des valeurs inférieures à $7.0\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les tubes des points 57 et 43 ayant disparus de leur site, les données sont absentes pour cette période.

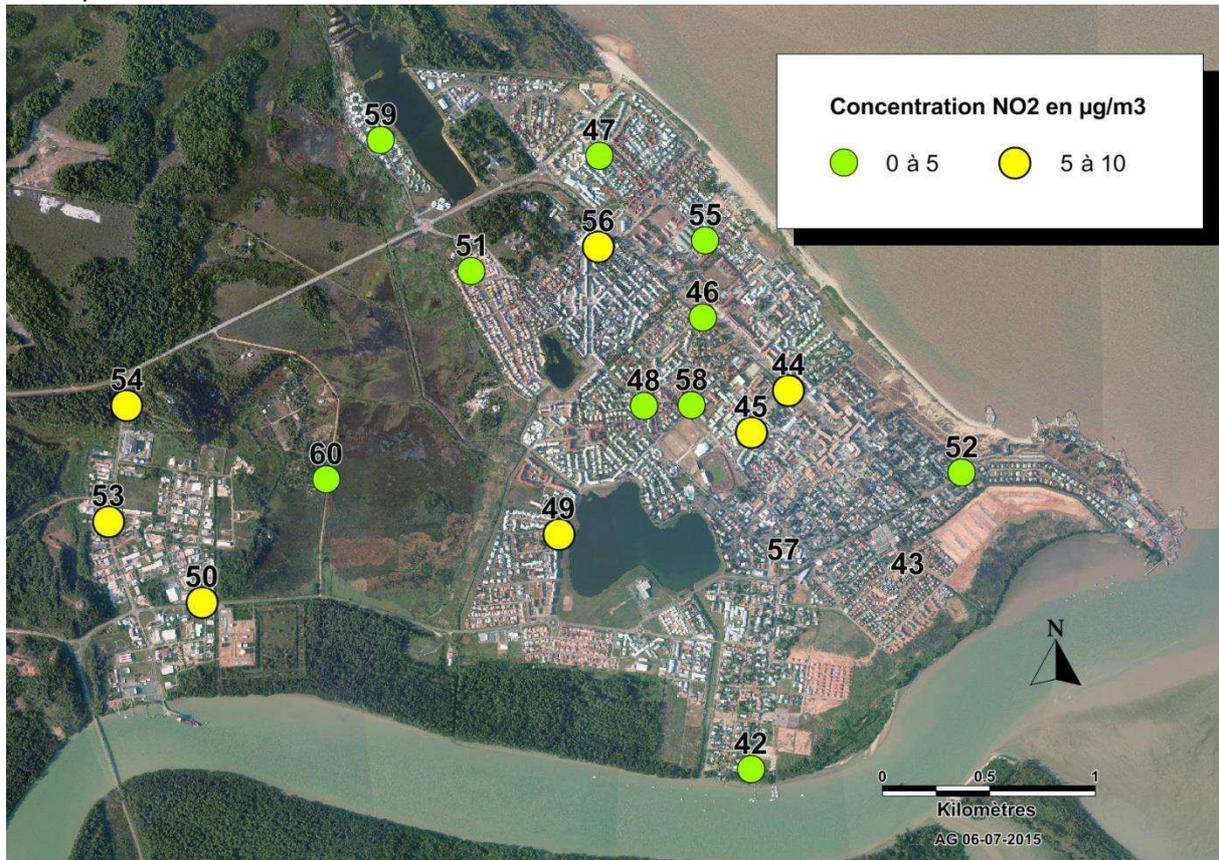


Figure 4 : résultats des sites de mesure en saison des pluies

2. Saison sèche

a. Conditions météorologiques

La saison sèche, est une période où les pluies sont rares et donc, le lessivage de l'atmosphère par les précipitations est bien plus réduit qu'en saison des pluies. Par contre, la couverture nuageuse étant plus faible, l'ensoleillement est plus important et favorise les réactions photochimiques, dont la dissociation du NO_2 .

En Octobre 2014, les conditions météorologiques à Kourou (Tableau 5) n'avaient rien d'anormales, à part un mois plus sec que la moyenne. A cette période, les vents viennent

toujours de l'Est mais aussi du Sud-Est à cause du déplacement de la zone d'inter convergence tropicale¹⁵ au Nord de la Guyane (Figure 5).

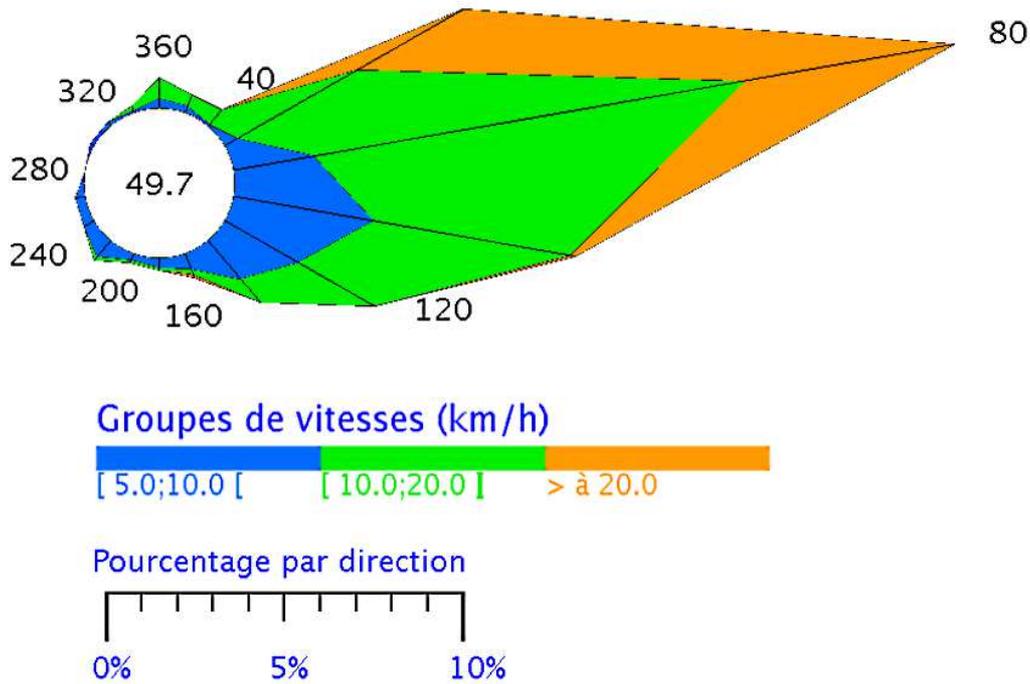


Figure 5 : rose des vents d'Octobre 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury

Mois	Température minimale	Température maximale	Précipitations	Ensoleillement
Octobre (relevé)	22.8°C	32.5°C	14.4mm	226.0h
Octobre (normales)	22.8°C	31.9°C	49.1mm	250.6h

Tableau 5: relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison sèche

b. Assurance qualité

i. Tubes blancs

La méthode utilisée pour les blancs en saison sèche est la même qu'en saison des pluies et là aussi, les valeurs sont inférieures à la limite de détection de la méthode.

ii. Doublons

La même méthode de calcul d'écart relatif qu'en saison des pluies est appliquée aux échantillons de la saison sèche.

¹⁵ ZIC ou ITCZ

Nom du tube	Numéro du site	Concentration Saison sèche	ER
Site Collège Agarande	44	7.2µg/m ³	1%
	44D	7.0µg/m ³	
Site IUT	49	6.2µg/m ³	1%
	49D	6.4µg/m ³	
Site lycée Monnerville	58	2.9µg/m ³	3%
	58D	2.8µg/m ³	

Tableau 6 : écarts relatifs des doublons en saison sèche

Les doublons ne montrent aucune anomalie.

c. Résultats

Le point 57 qui correspond à la mairie de Kourou, présente la plus forte concentration avec une moyenne sur 15 jours de 15.0µg/m³. Les deux concentrations suivantes les plus élevées sont aux sites 54 et 50, dans la zone industrielle, où les valeurs sont respectivement de 14.2 et 9.1µg/m³. On retrouve finalement le site 44 du collège Agarande où cette fois, la concentration est de 7.1µg/m³. Tous les autres points présentent encore des concentrations inférieures à 7.0µg/m³.

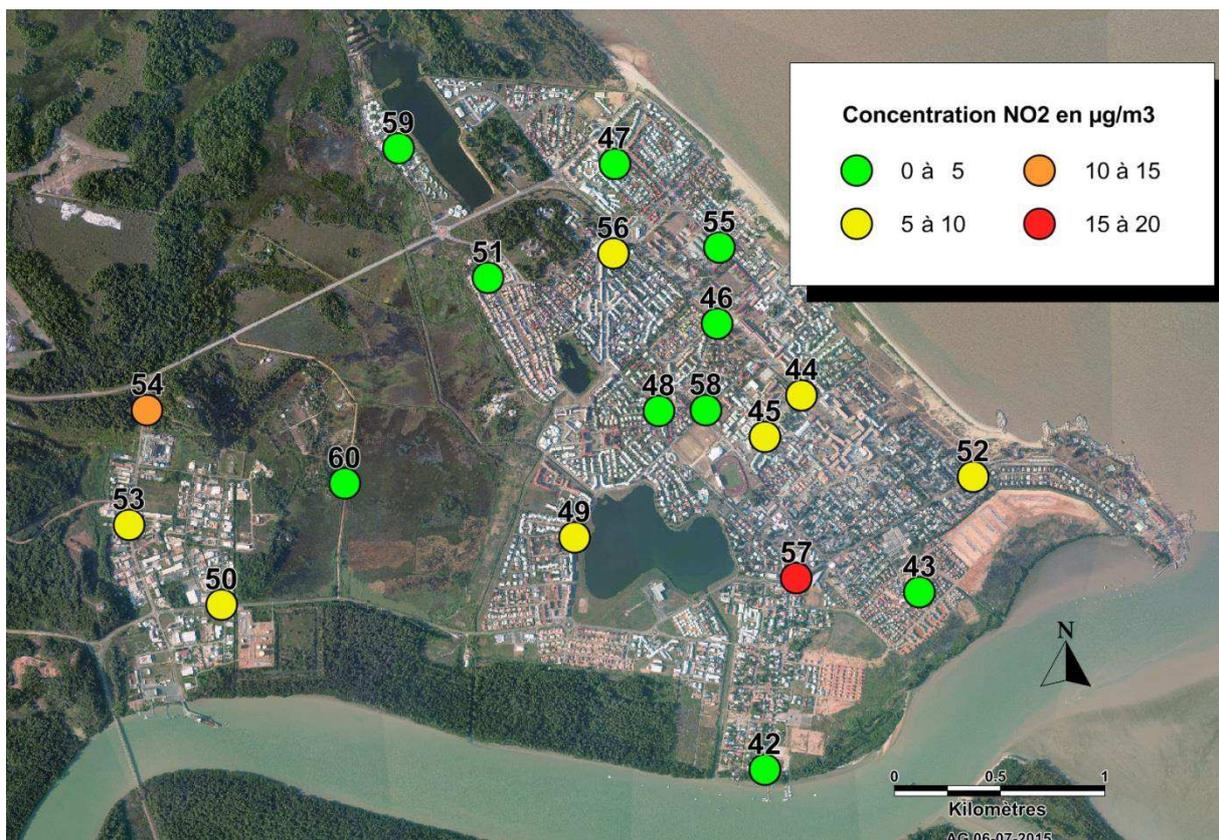


Figure 6 : résultats des sites de mesure en saison sèche

III. Discussion des résultats

1. Evaluation préliminaire de la qualité de l'air de Kourou

Le Tableau 7 reprend les résultats des deux périodes d'études. Les coefficients de variations ont été calculés entre les concentrations en saison des pluies et en saison sèche. On ne constate pas de fortes variations entre les deux saisons, sauf pour le site 54. Les coefficients sont très souvent inférieurs à 20% et ne montrent pas de tendance radicale envers une saison, certains sites ayant des concentrations plus élevées en Juillet et d'autres en Octobre. Les concentrations les plus élevées, quelle que soit la saison, se trouvent dans la zone industrielle à l'Ouest ou bien près des bâtiments publiques comme les établissements scolaires et la mairie. Les quartiers résidentiels affichent des concentrations très basses.

Numéro du site	Concentration en saison sèche ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration saison des pluies ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Coefficient de variation
42	1.2	1.0	10.8%
43	3.9	-	-
44	7.1	8.7	14.3%
45	6.3	6.3	0.1%
46	3.9	3.6	4.7%
47	2.4	1.8	19.3%
48	2.9	2.9	2.0%
49	6.3	8.1	18.2%
50	9.1	7.8	10.5%
51	2.5	2.4	2.3%
52	5.2	3.9	19.4%
53	5.5	5.0	5.6%
54	14.2	7.6	43.1%
55	3.7	3.9	3.2%
56	5.6	8.0	24.5%
57	15.0	-	-

Tableau 7 : concentrations durant les deux périodes et coefficient de variation

Même si les tubes ne permettent pas d'observer les variations en temps réel d'un polluant dans l'air, ceux-ci nous donnent une concentration moyenne sur une période donnée. Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 qui pour rappel, reprend la directive 2008/50/CE du Parlement Européen, donne deux objectifs de concentrations annuelles en NO_2 à ne pas dépasser :

- $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne par année civile pour la protection de la santé humaine
- $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne par année civile en niveau critique pour la protection des végétaux

Sur Kourou, le maximum relevé tous sites et toutes périodes confondus est à $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est très inférieur aux exigences du décret, autant pour la santé humaine que pour la protection des végétaux. Le NO_2 n'aurait donc qu'un impact réduit sur la qualité de l'air de Kourou. Cela peut s'expliquer par le fait que la surface urbanisée de la commune est relativement petite (quelques km^2), le trafic est limité et les bouchons sont inexistants. De plus, la ville étant en bord de mer, elle est soumise au régime direct des alizés qui dispersent et diluent rapidement les polluants vers l'Ouest.

Si l'on compare les résultats avec le SEI et le SES, on remarque que le maximum observé est inférieur au SEI et au SES.

2. Evolution de la pollution de 2007 à 2014

Simple village de quelques centaines d'habitants dans les années 60, Kourou est aujourd'hui la 4^e commune de Guyane de par sa population. Il a été recensé 26143 personnes en 2008 contre 25656 personnes en 2012 d'après l'INSEE¹⁶. Bien que sa phase de croissance démographique exponentielle soit terminée, la ville continue de s'agrandir en termes d'aménagements et établissements publics.

La Figure 7 montre la comparaison entre les concentrations en dioxyde d'azote relevées en 2007 et en 2014 sur les mêmes sites. Malgré la phase de stagnation démographique, on observe une nette augmentation des concentrations en NO_2 . Tous les sites ont subi une augmentation d'au moins 33% de leur concentration en NO_2 en 7 ans.

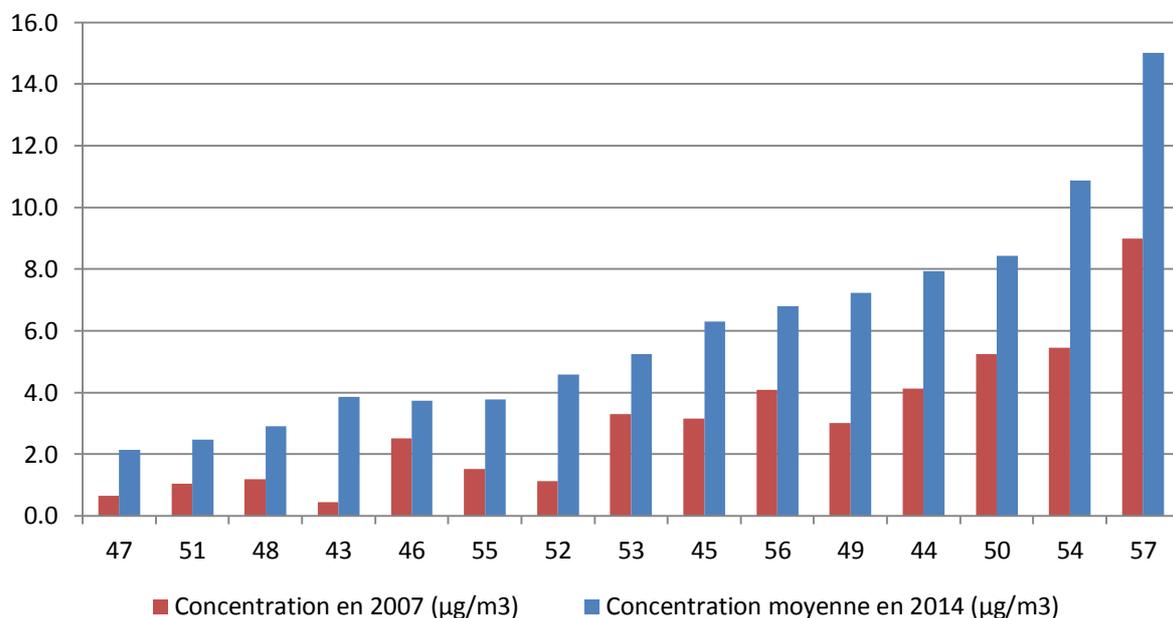


Figure 7 : comparaison entre les concentrations de 2007 et de 2014

La comparaison des concentrations en % entre 2007 et 2014, montre que les sites connaissant la plus forte augmentation semblent être ceux situés en bordure de ville.

¹⁶ Institut national de la statistique et des études économiques

Typologie arbitraire	Numéro du site	Augmentation 2007-2014 en %
Centre	46	49%
Industriel	53	59%
Industriel	50	61%
Centre	56	67%
Centre	57	67%
Centre	44	92%
Centre	45	100%
Industriel	54	100%
Périphérie	51	136%
Périphérie	49	139%
Centre	48	145%
Périphérie	55	149%
Périphérie	47	227%
Périphérie	52	307%
Périphérie	43	751%

Tableau 8 : augmentation des concentrations en % entre 2007 et 2014

Conclusion

Les concentrations moyennes en NO₂ sur la ville de Kourou ont été relevées sur 19 sites en 2014. Au vu des résultats des blancs et des doublons, la méthode d'échantillonnage par tubes passifs reste confirmée, malgré les conditions météorologiques difficiles en Guyane.

Les valeurs moyennes relevées ne montrent aucun dépassement des valeurs limites conseillées par l'OMS et imposées par les directives européennes.

Si l'on se réfère à ces textes, il n'est pas obligatoire d'avoir un analyseur fixe de NO₂ dans la ville spatiale. Néanmoins, la future station de Kourou sera la première et unique représentante de la zone régionale de Guyane en 2015 et en sera donc pourvue. On notera que les concentrations les plus élevées sont soit dans la zone industrielle, soit autour des bâtiments publics comme les établissements scolaires et la mairie. Les quartiers résidentiels affichent des concentrations très basses, ce qui est très bon.

Cependant, en comparant les sites de mesure de 2014 aux 15 sites de mesures de 2007, on constate une nette augmentation des concentrations en dioxyde d'azote à travers la ville. L'augmentation la plus faible est de 49% et la plus forte est de 751%. De plus, les concentrations semblent avoir augmentées de manière plus prononcée aux abords de la ville.

Le NO₂ ainsi que le NO seront donc contrôlés de manière fixe à Kourou. Une étude semblable pourra être réitérée d'ici 5 ans afin de mettre à jour la cartographie du dioxyde d'azote à travers la ville et surveiller l'augmentation des concentrations, notamment dans les zones en essor.

Bibliographie

- ADEME. (2002). *Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote*. Paris: ADEME.
- AFNOR. (2013). *FprEN 16339 - Air ambiant - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion*. Paris: AFNOR normalisation.
- Air parif. (2010). *Réglementation*. Consulté le 06 26, 2015, sur AIRPARIF: <http://www.airparif.asso.fr/reglementation>
- Carlson, & Prospero. (1972). The large movement scale of Saharan air outbreaks over the northern equatorial Atlantic. *J. Appl. Meteorol*, pp. 283-297.
- Masclat, P. (2005). *Pollution atmosphérique : environnement ; causes, conséquences, solutions, perspectives*. Paris: Ellipses.
- ORA. (2014). *Surveillance de la qualité de l'air en Guyane, rapport d'activité 2013*.
- PASSAM. (2006). *Environmental analysis information*. Consulté le 06 19, 2013, sur passam ag Laboratory for environmental analysis: <http://www.passam.ch/information.cfm>
- Pope, C., & Dockery, D. (2006). Health effects of fine particulate air pollution : lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*, pp. 709-742.

Table des illustrations

Tableau 1: récapitulatif de la législation pour le dioxyde d'azote.....	9
Tableau 2 : liste des sites de l'étude.....	11
Tableau 3 : relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison des pluies.....	13
Tableau 4 : écarts relatifs des doublons en saison des pluies.....	14
Tableau 5: relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison sèche.....	16
Tableau 6 : écarts relatifs des doublons en saison sèche.....	17
Tableau 7 : concentrations durant les deux périodes et coefficient de variation.....	18
Tableau 8 : augmentation des concentrations en % entre 2007 et 2014.....	20
Figure 1 : tube passif et boîte de protection pour la mesure du NO ₂	9
Figure 2 : emplacement des sites d'étude.....	12
Figure 3 : rose des vents de Juin 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury.....	13
Figure 4 : résultats des sites de mesure en saison des pluies.....	15
Figure 5 : rose des vents d'Octobre 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury.....	16
Figure 6 : résultats des sites de mesure en saison sèche.....	17
Figure 7 : comparaison entre les concentrations de 2007 et de 2014.....	19

Annexe 1 : traitement des données

Correction à apporter pour respecter la 1^{ère} loi de Fick :

Les résultats fournis par les tubes préparés et analysés par le laboratoire suisse Passam Ag sont surestimés par rapport aux analyseurs automatiques. Pour corriger les résultats des

tubes fournis par Passam Ag et se ramener à la valeur « calculée » du débit d'échantillonnage, il suffit de multiplier chaque concentration « brute » fournie par Passam Ag par un pondérateur égal à 0,901. Ainsi, les valeurs des tubes fournies par Passam Ag seront diminuées d'environ 11 %.

Correction à apporter pour exprimer les résultats aux conditions standards :

Les textes réglementaires demandent que les concentrations soient exprimées à 20 °C et 1013 hPa ; en outre, les analyseurs automatiques de NOx sont eux-mêmes standardisés à ces conditions. Il apparaît donc indispensable de standardiser les mesures des tubes à diffusion. Pour se faire, nous utilisons la formule suivante :

$$C_{st} \left(\text{en } \mu \frac{g}{m^3} \right) = \frac{C_{brute} \times (282)^{3/2}}{T_x^{1/2} \times 293}$$

Où :

Tx est exprimée en K

Cst est la concentration standardisée

Cbrute est la concentration brute

Calcul des incertitudes :

Passam a évalué une incertitude élargie de 19,5% pour une concentration en NO₂ de 40µg/m³. C'est cette valeur qui est prise en compte dans ce rapport.

Nom du tube	Numéro du site	Concentration brut en µg/m ³		Concentration après conversion pour le respect de la 1 ^{ère} loi de Fick en µg/m ³		Concentration aux conditions standards en µg/m ³	
		Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
Marché du bourg	42	1.4	1.2	1.3	1.1	1.2	1.0
Vers les serres DISOU	43	4.6		4.1		3.9	

Près collège Agarande	44	8.6	10.7	7.7	9.6	7.6	9.4
Face CMCK	45	7.5	7.5	6.8	6.8	6.6	6.6
REI	46	4.6	4.3	4.1	3.9	4.1	3.8
Ecole COMPAS	47	2.9	2.2	2.6	2.0	2.6	1.9
Rue ravel/rue listz	48	3.5	3.4	3.2	3.1	3.1	3.0
IUT	49	7.4	10	6.7	9.0	6.5	8.8
Renault	50	10.8	9.3	9.7	8.4	9.5	8.2
Ecole SAVANE	51	3	2.9	2.7	2.6	2.6	2.6
Vers plage	52	6.2	4.7	5.6	4.2	5.5	4.1
Quincaillerie SGI	53	6.5	6	5.9	5.4	5.7	5.3
UCAR	54	16.9	9	15.2	8.1	14.9	7.9
Derrière économat	55	4.4	4.6	4.0	4.1	3.9	4.1
Face super U	56	6.7	9.5	6.0	8.6	5.9	8.4
Mairie	57	17.9		16.1		15.8	
Lycée Monnerville	58	3.5	2.9	3.2	2.6	3.1	2.6
Base de vie air bus	59	2.9	1.8	2.6	1.6	2.6	1.6
Piste kalawachi	60	2.8	<0.4	2.5	<0.4	2.5	<0.4
Près collège Agarande	44D	8.4	10.1	7.6	9.1	7.4	8.9
IUT	49D	7.6	9.4	6.8	8.5	6.7	8.3
Lycée Monnerville	58D	3.3	3	3.0	2.7	2.9	2.6
Blanc terrain		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Blanc frigo		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

Annexe 2 : définition des personnes sensibles et vulnérables

Populations vulnérables :

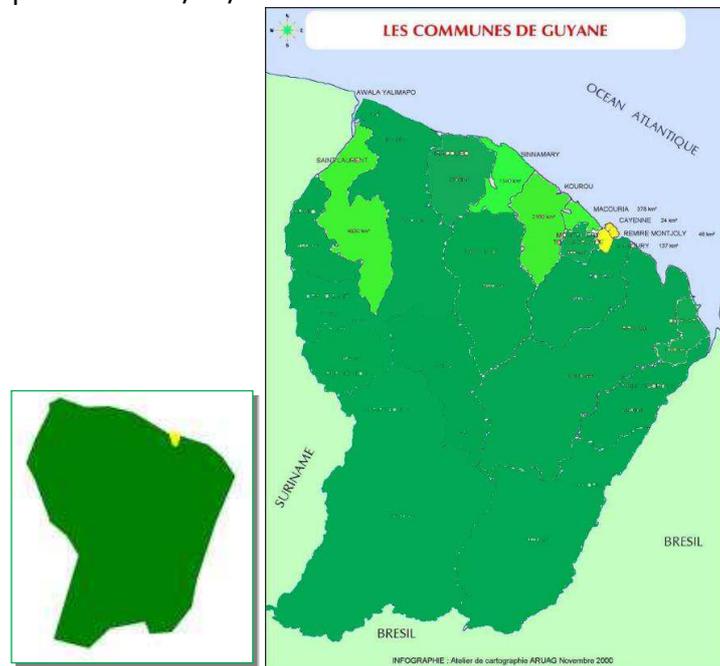
- femmes enceintes
- nourrissons et jeunes enfants
- personnes de plus de 65 ans
- personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires
- insuffisants cardiaques ou respiratoires
- personnes asthmatiques

Populations sensibles :

- Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics ; par exemple : personnes diabétiques, immunodéprimées, souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux.

Annexe 3 : zonage de la Guyane au 1^{er} Janvier 2010

Le zonage applicable au 01/01/2010 retenu pour la Guyane à l'occasion de la mise en œuvre de la directive européenne 2008/50/CE est le suivant :



- La ZUR (Zone urbaine régionale, 50 000 à 250 000 habitants) représenté en jaune comprend 3 communes Cayenne, Rémire-Montjoly et Matoury et compte plus de 100 000 habitants.
- La ZR (Zone rurale, inférieure à 50 000 habitants) représenté en vert comprend 19 communes constituants 5 unités urbaines qui sont :
 - St-Laurent-du-Maroni
 - Kourou
 - Macouria
 - Sinnamary
 - les autres communes