

Campagne de mesures du NO₂ par échantillonnage passif dans l'île de Cayenne

Etude 2014

07/08/2015

Ref : 06-14-TP-C

ORA de Guyane
Immeuble EGTRANS INTERNATIONAL
ZI de Dégrad-des-Cannes
BP 51059
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 Cayenne

Etude 2014

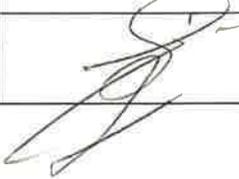
Ville de Cayenne

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
- HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
- NOx : Oxydes d'Azote
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- ORA : Observatoire Régional de l'Air

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	13
II. Résultat de la campagne de mesures	14
1. Saison des pluies	14
a. Conditions météorologiques	14
b. Assurance qualité	15
c. Résultats	16
2. Saison sèche	18
a. Conditions météorologiques	18
b. Assurance qualité	18
c. Résultats	19
III. Discussion des résultats	21
1. Evaluation de la qualité de l'air de l'île de Cayenne en 2014	21
2. Evolution de la pollution de 2007 à 2014 sur l'île de Cayenne	21
<i>Conclusion</i>	24
<i>Bibliographie</i>	25
<i>Table des illustrations</i>	25
<i>Annexe 1 : traitement des données</i>	26
<i>Annexe 2 : définition des personnes sensibles et vulnérables</i>	27
<i>Annexe 3 : zonage de la Guyane au 1^{er} Janvier 2010</i>	28

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 de l'agglomération, dans le but de déterminer la meilleure stratégie pour la définition du site d'implantation de la future station dite « trafic ».

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 tels que des crises d'asthme ou des irritations des voies respiratoires (Pope & Dockery, 2006). La

¹ SAL

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 et 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 Deltamétrine, 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 (Masclat, 2005).

c. Législation

Pour le **dioxyde d'azote**, les instances Françaises et Européennes donnent des objectifs en termes de concentration à respecter et l'OMS 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 inférieur⁸ fixé à 26µg/m³ de moyenne annuelle et un seuil d'évaluation supérieur⁹ 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 SEI

⁹ 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.

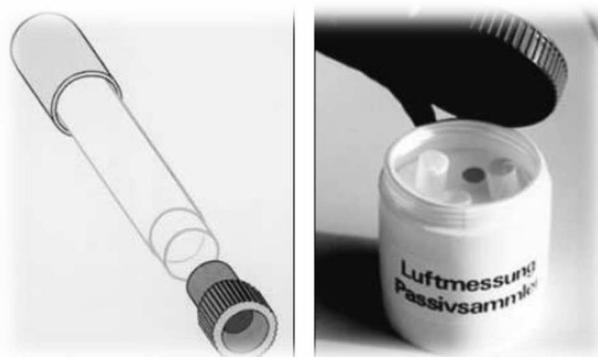


Figure 1 : tube passif et boîte de protection pour la mesure du NO₂

Les tubes passifs ont été fournis par la société suisse PASSAM¹⁰, référence auprès de nombreux bureaux d'études et des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air¹¹. 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

¹⁰ Accréditation suisse ISO/IEC 17025 STS 149

¹¹ 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

Les sites ont été choisis par rapport à une étude réalisée précédemment dans l'île de Cayenne en 2007 par l'ORA, et basée sur une étude de 1997 effectuée par ORAMIP¹². Ils représentent des emplacements clés de dans l'île de Cayenne : aéroport, écoles et mairies, voies rapides, centres commerciaux, zones d'activités, ainsi qu'en bordure des routes de plus en plus réputées pour leurs bouchons. De nouveaux sites d'études ont été ajoutés afin de compenser la croissance en taille de l'agglomération et d'obtenir une cartographie plus fine. Au total, 75 tubes ont été posés pour chaque période d'étude doublons compris, contre 27 tubes en 1997 posés par ORAMIP. Entre la présente étude et celle de 2007, il y a 40 sites de mesures communs qui pourront être comparés. Ces 40 sites sont rassemblés dans le tableau 2.

¹² Association de surveillance de la qualité de l'air en région Midi-Pyrénées.

Nom de l'emplacement	Numéro du site ORA 2014	Type de zone
Usine EDF de Dégrad des Cannes	42	Industrielle
Route de Dégrad des Cannes	44	Industrielle
Mairie de Rémire-Montjoly	46	Résidentielle
Grenadilles	47	Résidentielle
Carrefour Vidal	48	Résidentielle
Sunfish	49	Résidentielle
Institut Pasteur	51	Résidentielle
Place des Palmistes	53	Résidentielle
Route de la madeleine	54	Résidentielle
Face à la sécu de Baduel	55	Résidentielle
Hôpital	56	Résidentielle
Route du tigre	58	Résidentielle
Les cèdres	59	Résidentielle
Route de Montabo	60	Résidentielle
Clinique les Hibiscus	69	Résidentielle
Jardin botanique	62	Résidentielle
Cité Laurie	64	Résidentielle
Décharge	66	Industrielle
Z.I. Collery face à BUT	67	Industrielle
Institut médico-éducatif	68	Résidentielle
Angle de Montabo	61	Résidentielle
Feu Jubelin	70	Résidentielle
Météo France	71	Périurbain
Petit Lucas	72	Résidentielle
Carrefour Leblond	73	Périurbain
Cité Pascaline	74	Résidentielle
Après Servair	27	Périurbain
Eglise de Matoury	26	Résidentielle
Mairie de Matoury	25	Résidentielle
Aéroport zone de fret	28	Périurbain
Balata Est	29	Résidentielle proche Z.I.
Cogneau Lamirande	30	Résidentielle
Maya	31	Résidentielle
Concorde	32	Résidentielle
Balata Ouest	33	Résidentielle proche Z.I.
Z.I. Terca	34	Industrielle
Progt	35	Périurbain
Barbadine	37	Résidentielle
Entrée la levée	38	Périurbain
Compostage	40	Périurbain

Tableau 2 : liste des sites communs entre 2007 et 2014

En plus des 40 sites communs à l'étude de 2007, 22 sites supplémentaires ont été ajoutés dans cette étude. Ils sont listés dans le tableau ci-dessous.

Nom de l'emplacement	Numéro du site ORA 2014	Type de zone
Rondpoint Rochambeau	93	Périurbain
Entrée Paramana	96	Périurbain
Face à Numtec	94	Périurbain
Ecole élémentaire Guimanmin	97	Résidentielle
La désirée	95	Résidentielle
Rue des tamarins	91	Résidentielle
Entrée pont Larivot	86	Périurbain
Intersection face clinique auto	85	Industrielle
Arrêt de bus Mandarin	84	Industrielle
Air France	87	Industrielle
Rondpoint de l'agora	88	Industrielle
Toshiba	82	Industrielle
Megachauss	81	Industrielle
Début matourienne	90	Résidentielle
Centre pénitentiaire	92	Périurbain
Résidence fleurs de cannes	89	Résidentielle
Chemin patient	98	Périurbain
Beauregard résidence eau mignon	79	Résidentielle
Cimetière sainte rita	77	Résidentielle
Rondpoint de Baduel	75	Résidentielle
Cité Apounou	63	Résidentielle
Rue Ernest Prevot	78	Résidentielle

Tableau 3 : liste des nouveaux sites implémentés en 2014

Les sites ont été placés sur la figure 2 avec en rouge, les sites repris de l'étude de 2007 et en bleu, les nouveaux sites de 2014.

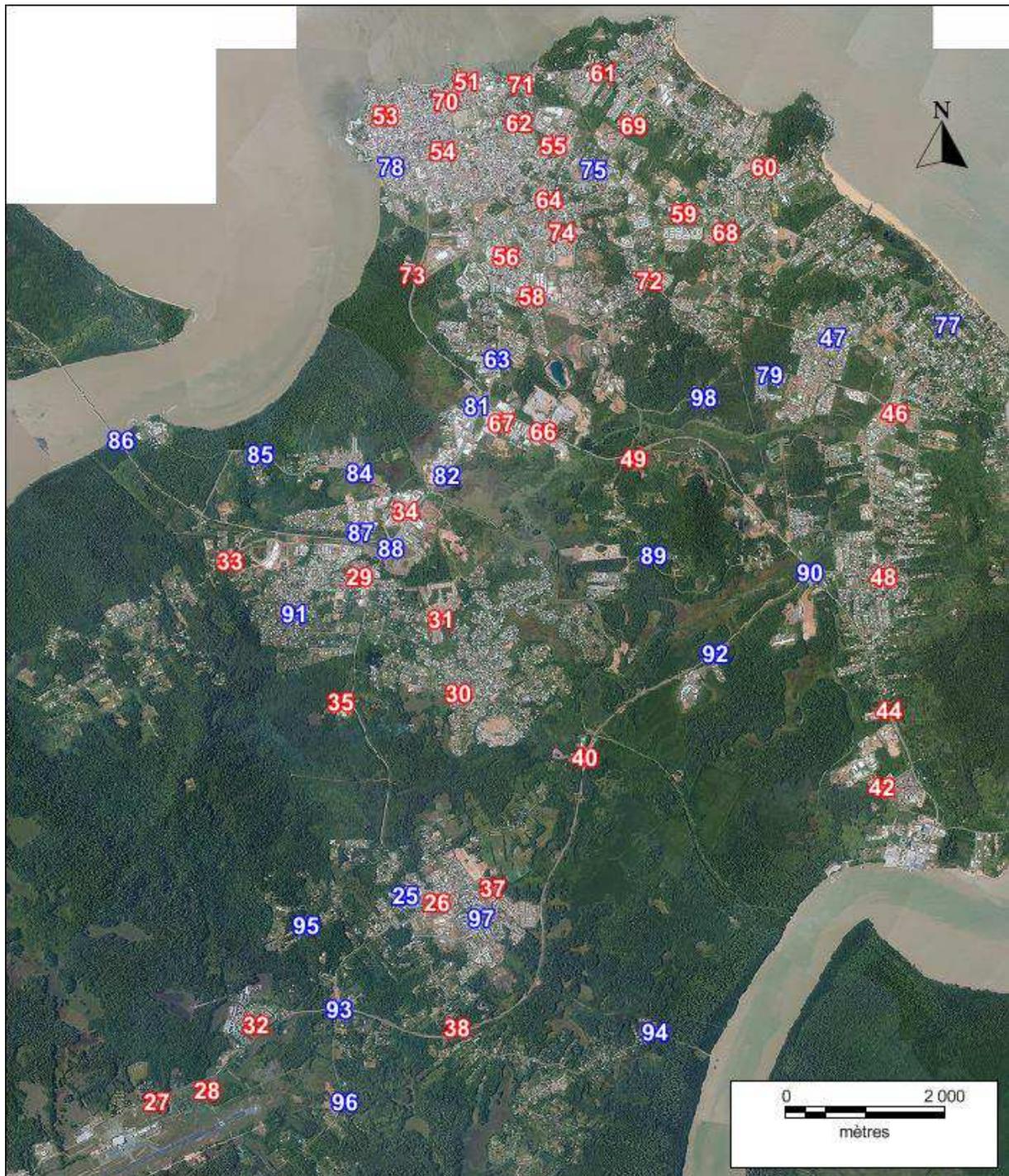


Figure 2 : emplacement des sites de prélèvements

c. *Durée de la campagne de mesures*

La campagne de mesure s’est déroulée en saison des pluies du 24/06/2014 au 08/07/2014, et en saison sèche, du 30/09/2014 au 14/10/2014. 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 moyenne	Ecart de température à la normale	Précipitations	Ensoleillement
Juin	27.2°C	+0.6°C	357.5mm	141h
Juillet	26.9°C	+0.3°C	298mm	209h

Tableau 4 : relevés et normales météo de Météo France à Cayenne pour la saison des pluies

Durant la saison des pluies, les données météo ne montrent aucune anomalie durant le mois de juin sur l'île de Cayennaise, avec des valeurs très proches des normales saisonnières de 1981 à 2010. (Météo France, 2014) En revanche, le mois de juillet, marquant le début de la saison sèche, a été particulièrement arrosé : sur les 281mm tombés en juillet à l'aéroport de Matoury, 242mm sont tombés les dix premiers jours, soit 2mm de moins que le record enregistré. En conséquence l'ensoleillement a été très faible jusqu'au 10 juillet : Météo France a mesuré à peine 42h de soleil sur les dix premiers jours à Matoury. On peut donc penser que notre expérience durant cette période est représentative d'une saison des pluies relativement intense. Les données globales sont récapitulées dans le tableau 4 ci-dessus.

Concernant les vents, ceux du mois de juin ont été légèrement plus forts que la moyenne, tandis que des rafales jusqu'à 60km/h ont été constatées début juillet, ce qui est assez rare en Guyane. Les caractéristiques des vents en juin et en juillet sont observables respectivement sur les figure 3 et 4. On constate l'arrivée des alizés du sud-est fin Juin début juillet, due à la remontée de la ZIC.

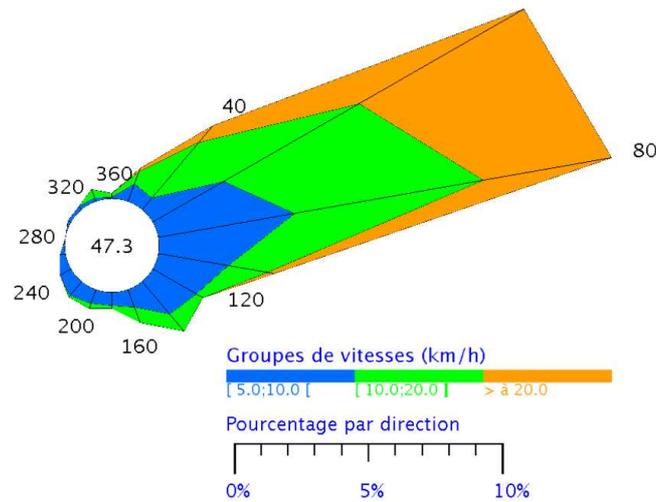


Figure 3 : rose des vents de juin 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury

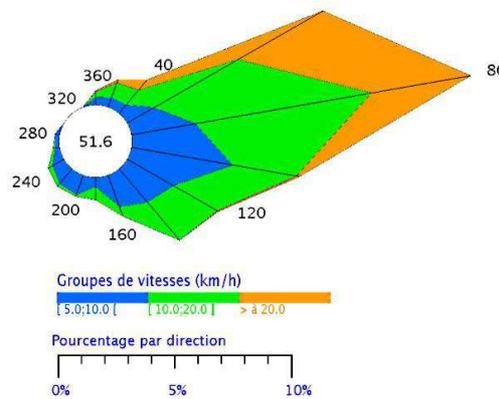


Figure 4 : rose des vents de juillet 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury

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 a 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'Écart Relatif¹³ 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 :

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

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 site	Numéro du site	Concentration saison des pluies	Ecart relatif
Guimanmin	97	3.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5%
	97D	3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Progt	35	7.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7%
	35D	8.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Toshiba	82	21.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6%
	82D	24.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Tableau 5 : écarts relatifs des doublons en saison des pluies

Parmi les 12 sites où des doublons ont été posés, les trois sites avec l'écart relatif le plus grand ont été réunis dans le tableau 5. Le plus grand écart constaté en saison des pluies est sur le site « progt, N°35 » qui atteint les 7% ce qui est nettement inférieur aux 20% recommandés à ne pas dépasser.

c. Résultats

En saison des pluies, sur les 62 sites, 24 présentent des concentrations supérieures à $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en NO_2 . Ces résultats sont visibles dans le tableau 6 et ont été classés par concentration décroissante. De plus, seulement 5 sites sur la totalité dépassent les $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ de moyenne sur deux semaines, ce qui reste considéré comme faible.

Nom du site	Numéro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nom du site	Numéro	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cité Apounou	63	23.7	Rondpoint de Baduel	75	13.4
Cabassou	49	23.1	Hôpital	56	12.6
Feu Jubelin	70	22.5	Mairie de Matoury	25	12.5
Megachauss	81	22.3	Entrée pont Larivot	86	11.7
Toshiba	82	21.3	Cité Pascaline	74	11.5
Jardin botanique	62	19.8	Institut Pasteur	51	11.5
Carrefour Vidal	48	17.2	Clinique les Hibiscus	69	11.3
Début matourienne	90	15.0	Entrée Paramana	96	10.3
Rue Ernest Prevot	78	14.8	Décharge	66	10.3
Route de la madeleine	54	14.4	Usine EDF de DDC	42	10.3
Cabassou	49	13.9	Face à la sécu de Baduel	55	10.2
Z.I. Terca	34	13.7	Cité Laurie	64	10.0

Tableau 6 : résultats des sites supérieurs à $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en saison des pluies

¹³ ER

La totalité des points de mesures ont été placés sur la figure 6 avec leurs concentrations correspondantes.

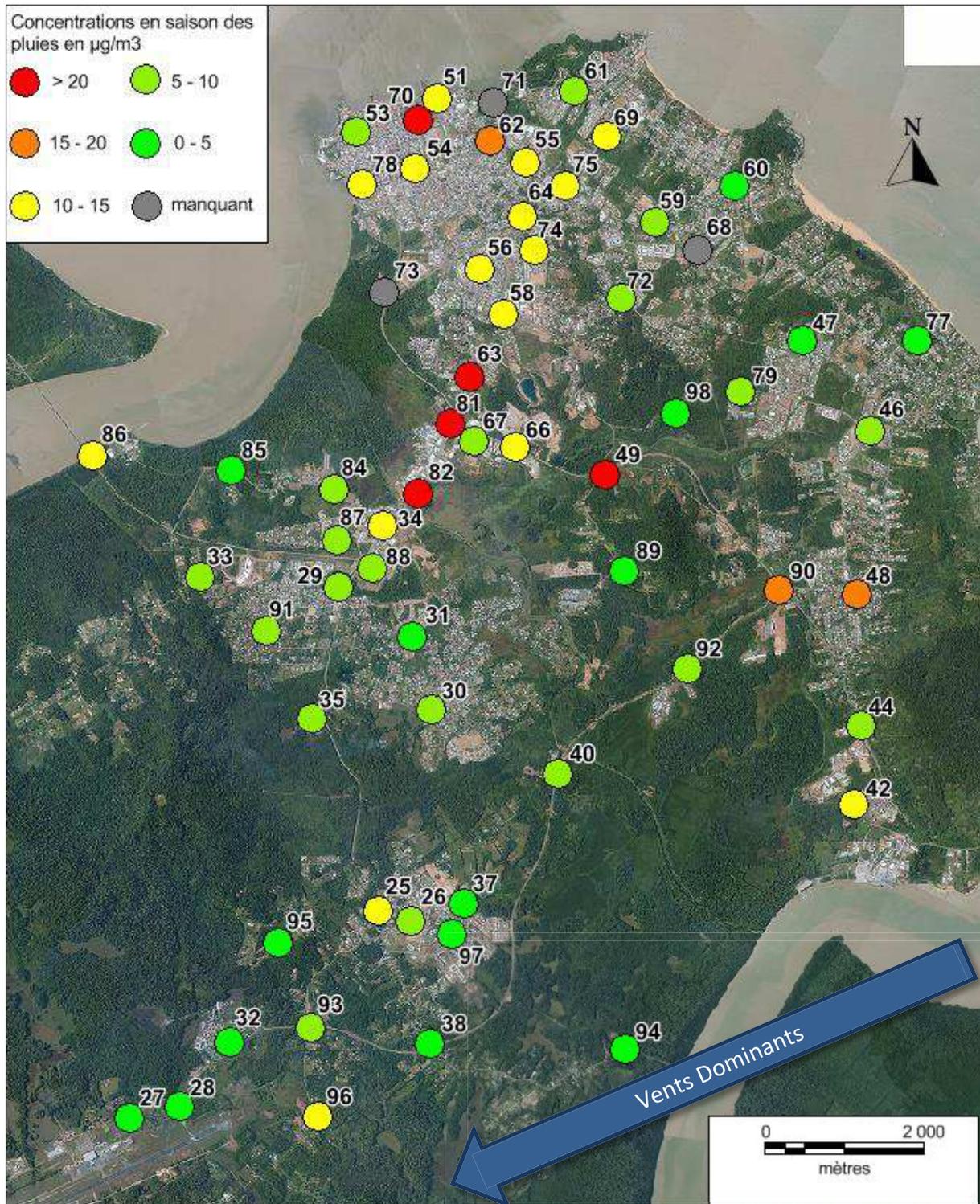


Figure 5: résultats des sites de mesure en saison des pluies

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 NO₂.

Le tableau ci-dessous montre qu'en octobre 2014, les conditions météorologiques à Cayenne sont encore une fois, très proches des normales. Le mois a été globalement légèrement plus sec que la moyenne sur l'agglomération et donc, l'ensoleillement a été un peu plus généreux que la moyenne.

Mois	Température minimale	Ecart de température à la normale	Précipitations	Ensoleillement
Octobre	22.8°C	0.0°C	9mm	259h

Tableau 7 : relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison sèche

Quant aux vents du mois d'octobre visibles sur la figure 7, on notera la part plus importante des vents de sud-est par rapport à la saison des pluies mais globalement, vitesses et directions restent dans les normales.

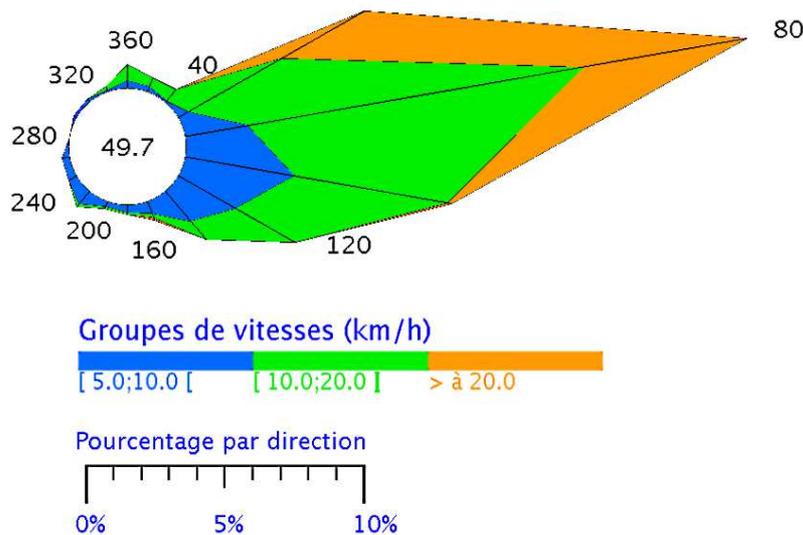


Figure 6 : rose des vents d'octobre 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury

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.

Nom du tube	Numéro du site	Concentration saison sèche	Ecart relatif
Guimanmin	97	4.1µg/m ³	13%
	97D	3.2µg/m ³	
Cité Laurie	64	12.7µg/m ³	13%
	64D	9.8µg/m ³	
Institut pasteur	51	11.3µg/m ³	10%
	51D	13.9µg/m ³	

Tableau 8 : écarts relatifs des doublons en saison sèche

Les trois doublons avec l'écart relatif le plus élevé sont montrés ci-dessus. On remarque que les écarts sont plus grands qu'en saison des pluies, mais ils restent tous néanmoins sous le seuil des 20%.

c. Résultats

En saison sèche, on observe à peu près le même schéma qu'en saison des pluies : encore une fois, nous obtenons 24 sites dont la concentration moyenne est supérieure à 10µg/m³. Cette fois, seulement 3 sites dépassent les 20µg/m³. Les résultats sont visibles dans le tableau 9.

Nom du site	Numéro	µg/m ³	Nom du site	Numéro	µg/m ³
Megachauss	81	22.7	Rondpoint de Baduel	75	12.8
Toshiba	82	21.3	Cité Laurie	64	12.7
Feu Jubelin	70	21.2	Rue Ernest Prevot	78	11.9
Cabassou	49	19.1	Entrée pont Larivot	86	11.7
Carrefour Leblond	73	17.9	Météo France	71	11.4
Cité Apounou	63	17.2	Institut Pasteur	51	11.3
Jardin botanique	62	16.9	Cogneau Lamirande	30	11.2
Carrefour Vidal	48	16.4	Entrée Paramana	96	10.8
Début matourienne	90	16.0	Décharge	66	10.8
Usine EDF de Dégrad des Cannes	42	14.8	Hôpital	56	10.7
Z.I. Terca	34	13.6	Mairie de Matoury	25	10.5
Route de la madeleine	54	13.4	Arrêt de bus Mandarin	84	10.2

Tableau 9 : résultats des sites supérieurs à 10µg/m³ en saison sèche

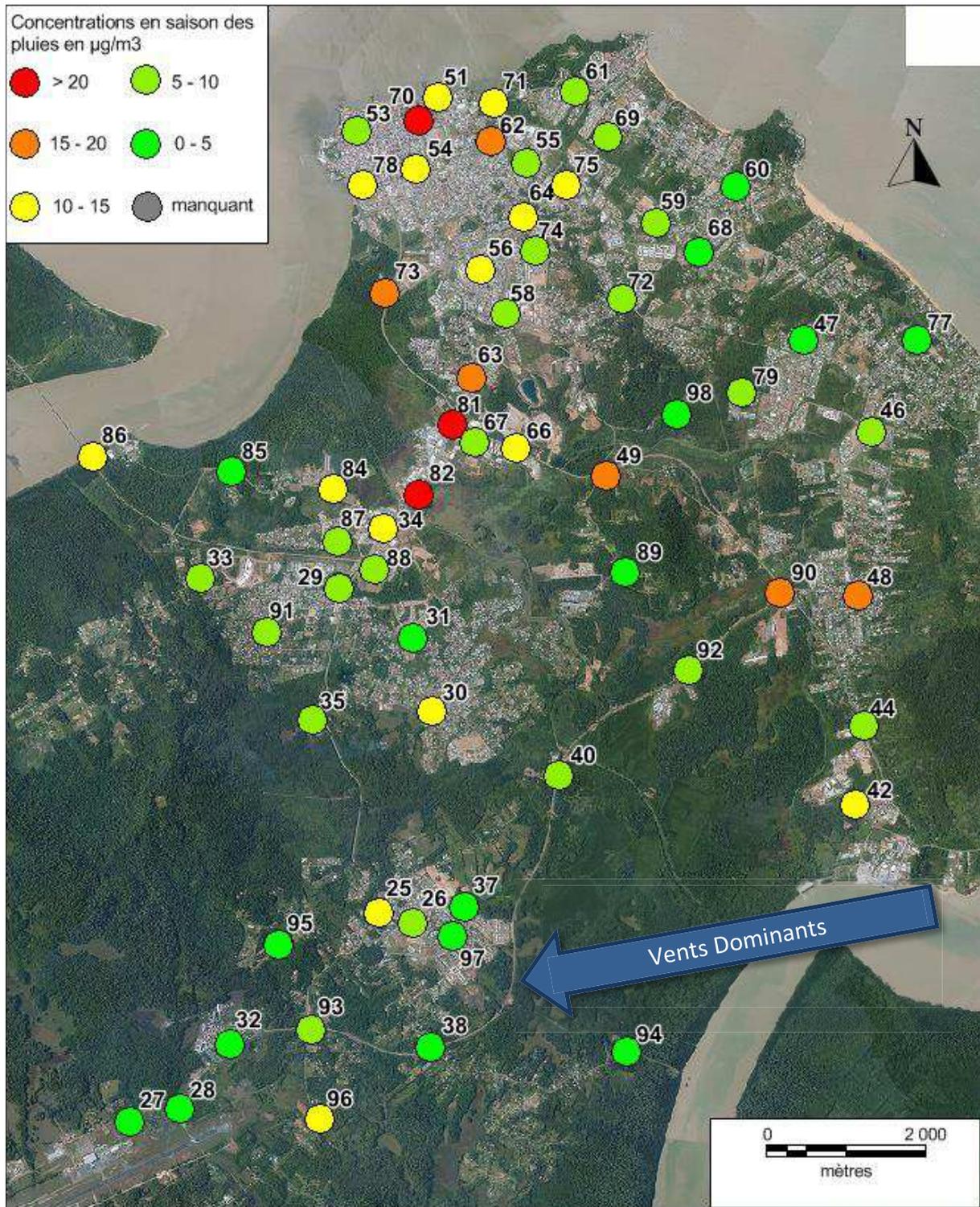


Figure 7 : résultats des sites de mesure en saison sèche

III. Discussion des résultats

1. Evaluation de la qualité de l'air de l'île de Cayenne en 2014

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, mentionne deux objectifs de concentrations annuelles en NO₂ à ne pas dépasser :

- 40µg/m³ en moyenne par année civile pour la protection de la santé humaine
- 30µg/m³ en moyenne par année civile en niveau critique pour la protection des végétaux

Dans l'île de Cayenne, le maximum relevé tous sites et toutes périodes confondues est à 23.7µg/m³, ce qui est bien inférieur aux exigences du décret, autant pour la santé humaine que pour la protection des végétaux. Cela peut s'expliquer par le fait que l'agglomération étant en bord de mer, elle est soumise au régime direct des alizés qui vont rapidement disperser et diluer les polluants vers l'Ouest. Ce phénomène est favorisé par un terrain relativement plat.

Concernant la distribution de cette pollution en dioxyde d'azote, on remarque aisément que les sites les plus pollués sont concentrés au même endroit : aux abords de la voie rapide (unique deux fois deux voies actuelle de Guyane), elle-même située dans la zone industrielle de Collery et Terca. On notera l'exception du site « Feu Jubelin » qui est un carrefour très actif en plein centre de Cayenne.

Sur les 24 sites les plus pollués, 17 sont sur la commune de Cayenne en saison des pluies et 15 en saison sèche. Globalement, Cayenne a donc l'air le plus pollué en NO₂ de l'agglomération.

Rémire-Montjoly et Matoury sont des communes essentiellement résidentielles, le trafic se fait donc en direction de et dans Cayenne. Cette dernière est sujette à de lourds embouteillages aux heures de pointe.

2. Evolution de la pollution de 2007 à 2014 sur l'île de Cayenne

La figure 9 montre la comparaison entre les concentrations en dioxyde d'azote relevées en 2007 et en 2014 sur les mêmes sites. On remarque qu'entre les deux études, les concentrations de notre polluant ont augmenté sur presque tous les sites.

Sur la figure 10, cette augmentation générale a été quantifiée en pourcent : les sites 68, 71 et 73, ayant disparu lors de la campagne en saison des pluies ont disparu ont vu leur concentration moyenne est invalidée.

Le site 47, qui présente la plus forte augmentation avec 135% est un quartier résidentiel de Rémire-Montjoly, à côté duquel ont récemment été construits un collège, un lycée ainsi qu'une avenue. Le deuxième site présentant la plus forte augmentation est la rue qui longe la décharge. Quant au 3^e site, avec une augmentation de près de 110%, il s'agit du quartier résidentiel Balata Ouest, au bord duquel la voie rapide, un échangeur et le complexe cinématographique ont été construits.

A l'inverse, certains sites ont vu leur concentration en NO₂ diminué, notamment le 61, à « l'angle de Montabo » qui a perdu plus de 34% de sa valeur. Rien ne semble expliquer cette baisse de concentration, on peut cependant noter qu'un radar a été placé afin de forcer les automobilistes à réduire leur vitesse. Par contre, la route de Baduel, parallèle à la route de Montabo et itinéraire alternatif, a vu sa concentration augmentée de près de 109% au site 55.

Au niveau de « Cogneau-Lamirande » sur le site 30, on note une baisse de plus de 22% de la concentration en dioxyde d'azote. Cette baisse serait due à l'ouverture d'une route alternative, la « Matourienne », qui a fortement désengorgée l'ancien accès. Nous observons la stagnation de certains sites, notamment le site 42, au niveau de la centrale thermique EDF. Le site 70 au niveau du « feu Jubelin » en plein centre-ville a aussi très peu changé. Ce carrefour étant déjà saturé depuis plusieurs années, la concentration en oxydes d'azote ne pourra guère croître.

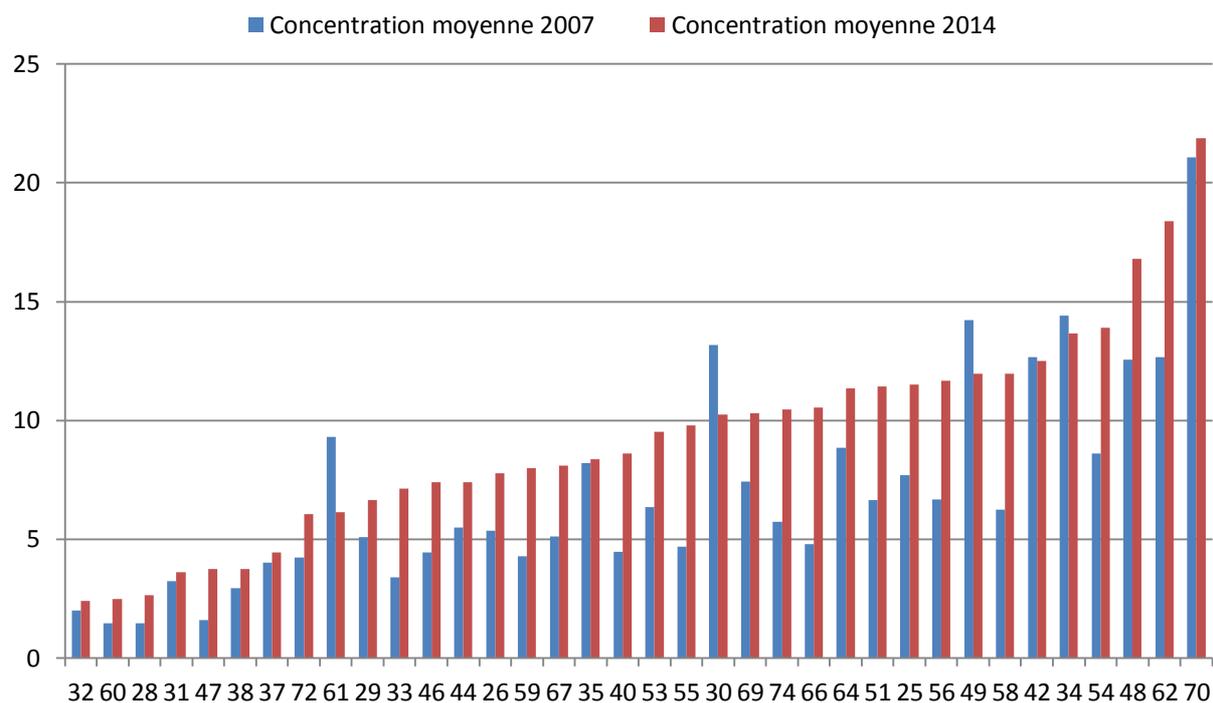


Figure 8 : comparaison entre les concentrations de 2007 et de 2014 en µg/m³

Augmentation entre 2007 et 2014 en %

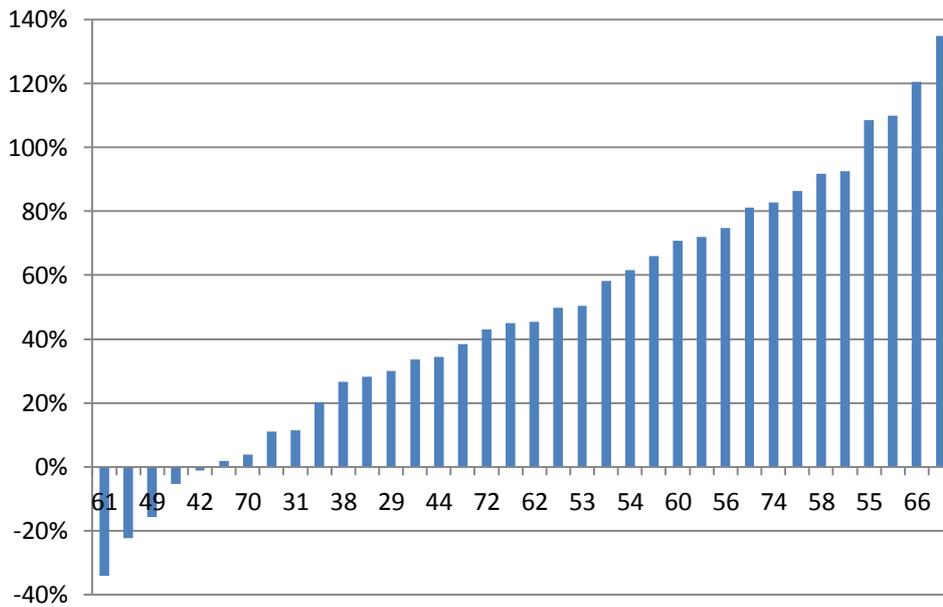


Figure 9 : calcul de variation de concentration entre 2007 et 2014 par site

Même si nous sommes encore en dessous des concentrations limites de l’OMS et du Parlement Européen, il est important de noter que la croissance démographique en Guyane est la plus forte de France. On estime que la population Guyanaise aura doublé voire triplé en 2040 (INSEE, 2011), augmentant avec elle la demande énergétique ainsi que le nombre de véhicules sur les routes. Les concentrations des polluants issus des automobiles comme le NO₂ devraient donc poursuivre leur hausse.

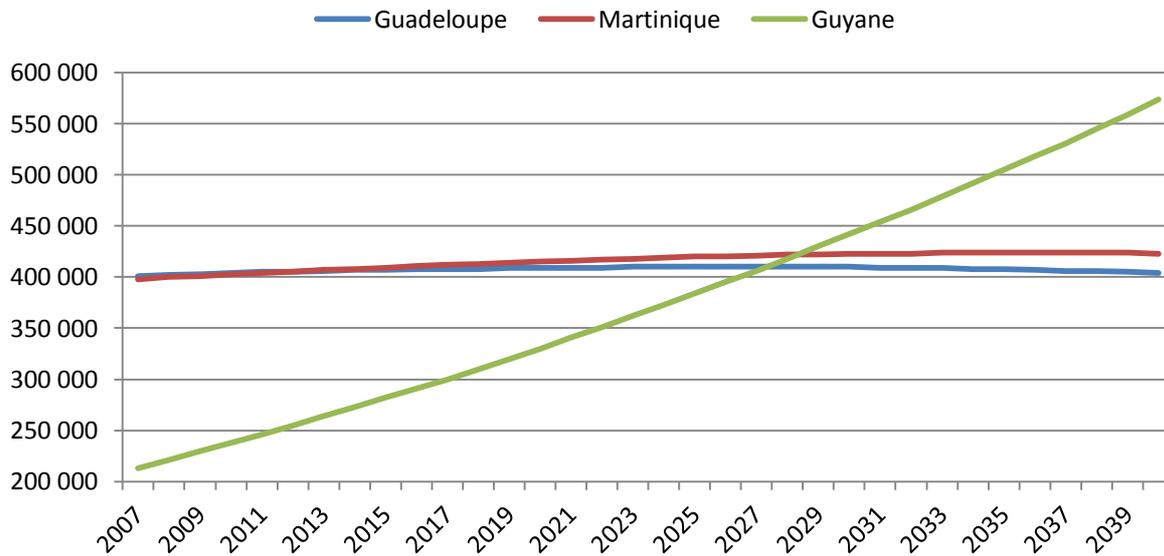


Figure 10 : projection centrale de l’évolution de la population en Guyane d’après l’INSEE¹⁴

¹⁴ Institut national de la statistique et des études économiques

Conclusion

Les concentrations moyennes en NO₂ dans l'île de Cayenne ont été relevées sur 62 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.

On notera que les concentrations les plus élevées se trouvent dans la zone industrielle et aux abords des grands axes routiers. On retrouve aussi de relativement fortes concentrations au centre de Cayenne. Les quartiers résidentiels, notamment de Rémire-Montjoly et Matoury affichent des concentrations très basses.

Cependant, en comparant les sites de mesure de 2014 aux 40 sites de mesures de 2007, on constate une nette augmentation des concentrations en dioxyde d'azote à travers la ville. Seuls 5 sites affichent une baisse de la concentration en NO₂.

Les NO_x sont déjà contrôlés par des mesures fixes à Cayenne et à Matoury. Cette étude est préliminaire à la détermination de l'emplacement de la future station sous influence du trafic. Un projet semblable pourra être réitérée d'ici 5 ans afin de mettre à jour la cartographie du dioxyde d'azote à travers l'agglomération et surveiller ainsi l'augmentation des concentrations.

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.
- INSEE. (2011, Janvier). http://insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=25&ref_id=17049.
- Masclat, P. (2005). *Pollution atmosphérique : environnement ; causes, conséquences, solutions, perspectives*. Paris: Ellipses.
- Météo France. (2014, Juin). Bulletin climatique mensuel.
- 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 communs entre 2007 et 2014	11
Tableau 3 : liste des nouveaux sites implémentés en 2014	12
Tableau 4 : relevés et normales météo de Météo France à Cayenne pour la saison des pluies	14
Tableau 5 : écarts relatifs des doublons en saison des pluies	16
Tableau 6 : résultats des sites supérieurs à 10µg/m ³ en saison des pluies.....	16
Tableau 7 : relevés et normales météo de Météo France à Kourou pour la saison sèche	18
Tableau 8 : écarts relatifs des doublons en saison sèche	19
Tableau 9 : résultats des sites supérieurs à 10µg/m ³ en saison sèche	19
Figure 1 : tube passif et boîte de protection pour la mesure du NO ₂	9
Figure 2 : emplacement des sites de prélèvements.....	13
Figure 4 : rose des vents de juin 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury.....	15
Figure 5 : rose des vents de juillet 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury.....	15
Figure 6: résultats des sites de mesure en saison des pluies	17
Figure 7 : rose des vents d'octobre 2014 de Météo France à l'aéroport de Matoury	18
Figure 8 : résultats des sites de mesure en saison sèche	20
Figure 9 : comparaison entre les concentrations de 2007 et de 2014 en µg/m ³	22
Figure 10 : calcul de variation de concentration entre 2007 et 2014 par site.....	23
Figure 11 : projection centrale de l'évolution de la population en Guyane d'après l'INSEE.....	23

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 :

$$Cst(en \mu \frac{g}{m^3}) = \frac{Cbrute \times (282)^{3/2}}{Tx^{1/2} \times 293}$$

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.

Annexe 2 : définition des personnes sensibles et vulnérables

Populations vulnérables :

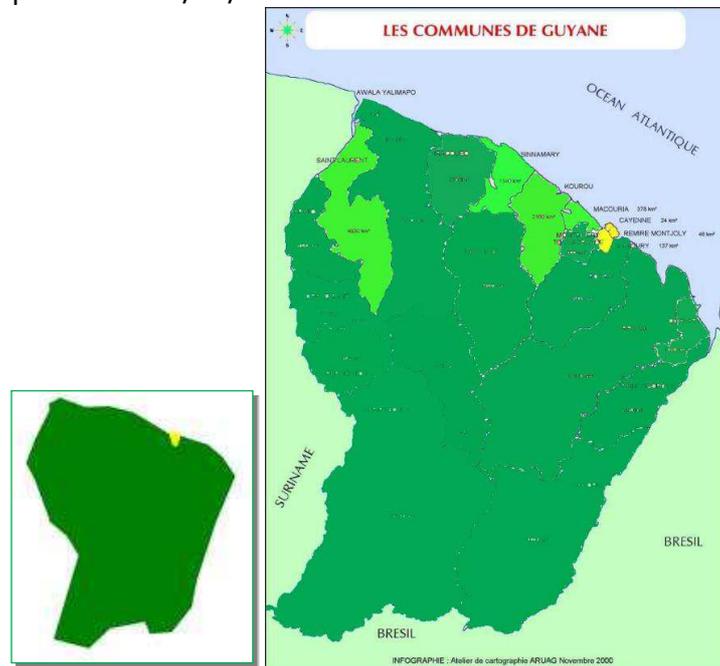
- femmes enceintes
- nourrissons et jeunes enfants
- personnes de plus de 65 ans
- personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires
- insuffisants cardiaques ou respiratoires
- personnes asthmatiques

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 constituant 5 unités urbaines qui sont :
 - St-Laurent-du-Maroni
 - Kourou
 - Macouria
 - Sinnamary
 - les autres communes