

Remerciements

Je remercie Mme HEDER - MORMONT Josseline, Présidente de l'ORA de Guyane, de m'avoir accueilli au sein de cette structure ainsi que l'équipe des permanents :

- Mme PANECHOU - PULCHERIE Kathy, directrice,
- M. BESNARDEAU Jean-Baptiste, technicien de maintenance et d'exploitation,

pour leur aide et leur bonne humeur.

Je souhaite aussi remercier toutes les personnes ayant contribué à la mise en œuvre de la campagne sur l'aéroport, telles que M. CLAVARET, responsable de l'aviation civile ou M. NOTEUIL, technicien de MADININAIR.

Sommaire

REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION	3
1 - CONTEXTE AEROPORTUAIRE	4
1.1 - Trafic aérien	4
1.2 - Produits de combustion	5
2 - MOYENS MIS EN PLACE POUR L'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR AUX ABORDS DE L'AEROPORT	6
2.1 - La station mobile	6
2.2 - Principe	7
2.3 - Tubes passifs	8
3 - EXPLOITATION DES RESULTATS	13
3.1 - Données météorologiques	13
3.2 - Camion laboratoire	15
3.3 - Tubes passifs	16
3.4 - Cartographie	18
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	20
BIBLIOGRAPHIE	21
LISTE DES FIGURES	22
ANNEXES	23
RESUME	33
ABSTRACT	33

Introduction

Depuis près d'un siècle, nous connaissons un développement industriel fort : moyens scientifiques et technologiques. L'homme les utilise de manière à améliorer son quotidien en créant des machines, des chaînes de production, des stations transformant l'énergie naturelle (gaz, pétrole, chaleur ...) en énergie consommable (électricité, énergie mécanique ...). Mais tout ceci pèse sur l'environnement et notamment sur l'air. Heureusement, l'homme commence à le prendre en considération et essaie d'y remédier en faisant des efforts pour limiter les émissions dans les pays industrialisés.

L'adoption de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (la LAURE) en 1996 est à l'origine du développement du dispositif de surveillance de la qualité de l'air sur tout le territoire national. Il est constitué d'une quarantaine d'Associations de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), agréées par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et regroupées au sein d'une fédération : La Fédération ATMO.

L'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (ORA de Guyane, *Annexe 1*) a été créé le 13 août 1998, sur l'initiative du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement par anticipation de la loi sur l'air, à la suite de l'échec d'Ariane 5 en 1996. Il est chargé de la mesure et du suivi de la qualité de l'air sur tout le département : des mesures en continu sur Cayenne sont réalisées à partir d'une station fixe depuis 2002, et parallèlement, de manière plus ponctuelle, sur le reste du territoire, depuis 2003, à l'aide d'un camion laboratoire.

Malgré le fait que, le contexte socio-économique laisse, encore relativement, le département à l'abri de pollutions chroniques fortes (faible industrialisation, parc automobile peu développé). Mais, dans un souci de répondre aux attentes de la population, l'ORA s'est fixé pour objectifs l'optimisation de l'utilisation de son dispositif de surveillance actuel dit "réglementaire" et de mettre en place des systèmes adaptés aux suivis des polluants, issus d'activités spécifiques tels que l'aérospatial, l'épandage de pesticides ou encore la zone aéroportuaire de Rochambeau, sur laquelle porte mon étude.

1 - Contexte aéroportuaire

1.1 - Trafic aérien

Le profil journalier montre une activité aéroportuaire entre 8h00 et 21h00, donc en journée. En revanche, la nuit il n'y a pas de circulation de vols commerciaux. Les données de vols militaires ne nous ont pas été transmises (Figure 4).

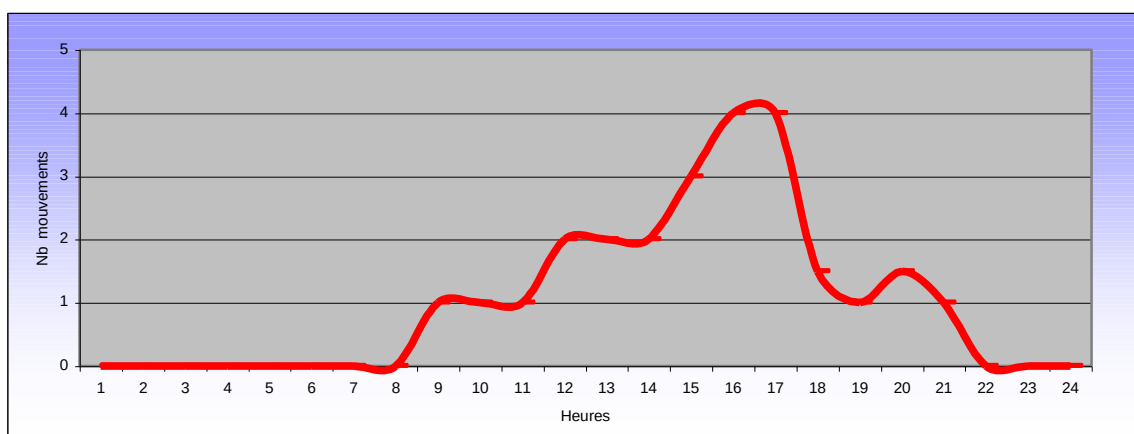


Figure 1 : Profil journalier du trafic aérien sur Rochambeau (nombre de décollages ou atterrissages)

Rochambeau est un aéroport international où transit environ 400.000 passagers par an, ce qui vaut le trafic d'un aéroport régional métropolitain (Metz). Pour comparaison, un aéroport international tel que Nice est à 10.000.000 de passagers par an.

En moyenne, le nombre de mouvements commerciaux, par jour, sur l'aéroport est de 23 (ce qui est assez faible), avec peu de variance entre les différents jours de la semaine. (Figure 5)

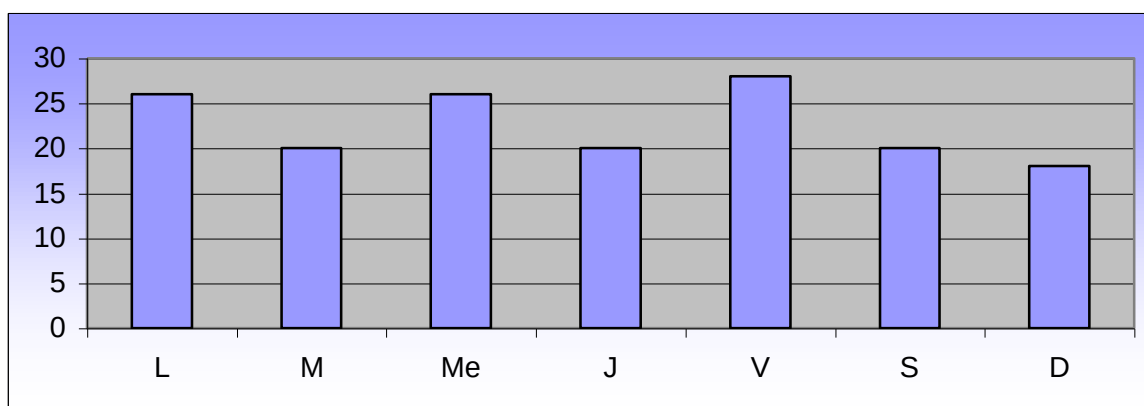


Figure 2 : Profil hebdomadaire du trafic aérien sur Rochambeau (nombre de décollages ou atterrissages)

1.2 - Produits de combustion

La combustion réelle d'un réacteur d'avion se décompose en 4 phases différentes :

Le carburant et le comburant réagissent en présence d'une source (étincelle, chaleur...) et créent des résidus de combustion, évacués dans l'atmosphère.

Carburant : C_nH_m+S : en général, kérosène, avec un certain taux de soufre.

Comburant : N_2+O_2 : air atmosphérique (c'est O_2 qui réagit).

Résidus gazeux (Annexe 2) : NO_x : sont produits lors des phases de décollage et de montée (fonctionnement des moteurs à pleine puissance). Ils seront étudiés par des Tubes passifs et les analyseurs physico-chimiques du camion laboratoire.

SO_x : est produit indépendamment de la phase du vol mais dépend de la teneur en soufre du carburant. Il sera mesuré par les analyseurs physico-chimiques du camion laboratoire.

CO_2+H_2O : sont des produits systématiques de toute combustion et sont proportionnels à la consommation de carburant.

$CO+HC$: sont produits lors du roulage au sol et du stationnement (fonctionnement moteur à puissance réduite).

Résidus particulaires (Annexe 2) : Csuies : sont produites essentiellement en phases de décollage et d'atterrissages, dépendant de la composition des carburants.

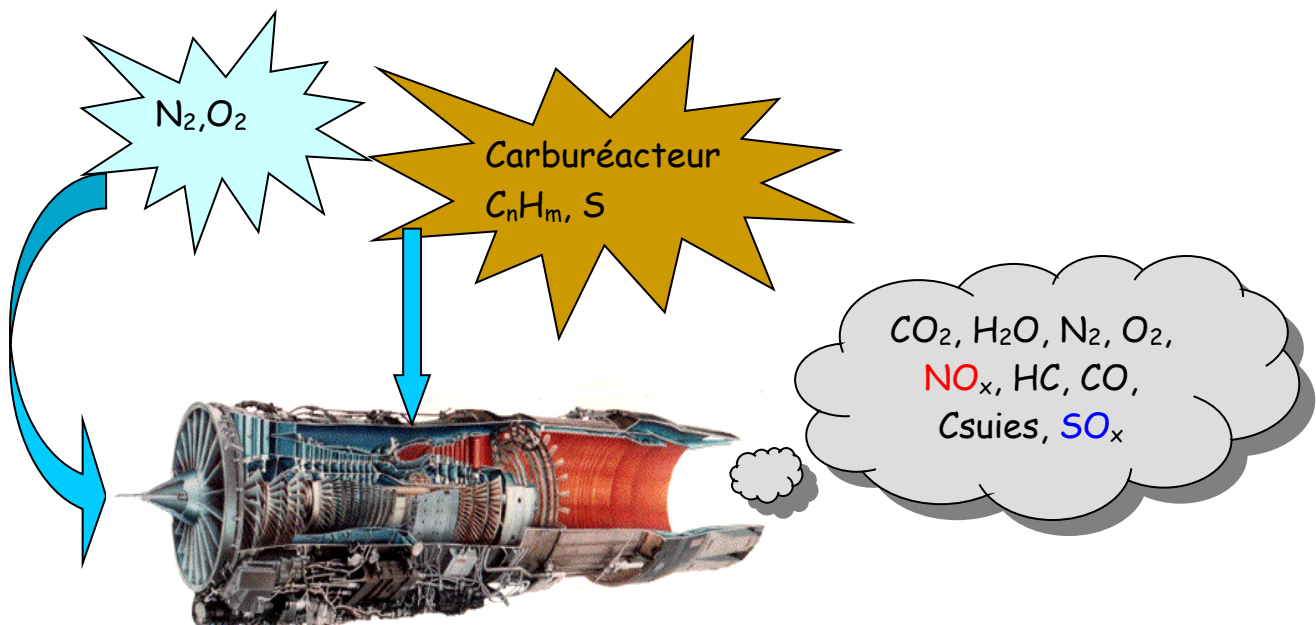


Figure 3 : Combustion réelle d'un réacteur d'avion

2 - Moyens mis en place pour l'évaluation de la qualité de l'air aux abords de l'aéroport

Afin de mener au mieux cette campagne de mesure, l'ORA a mis à ma disposition son camion laboratoire et 4 lots de 100 tubes passifs.

2.1 - La station mobile

2.1.1 - Equipements

L'ORA dispose actuellement d'une station mobile (Figure 7), dotée de capteurs météorologiques (thermomètre, hygromètre, anémomètre-girouette).



Figure 4 : Camion laboratoire

Cette dernière est équipée d'analyseurs pour le suivi, en continu, des polluants réglementaires (annexe 1) :

- les oxydes d'azote (NO_x),
- le dioxyde de soufre (SO_2),
- l'ozone (O_3)
- et les poussières de diamètre inférieur à $10\mu\text{m}$ (PM_{10})



Figure 5 : Analyseurs SERES 2000G



Figure 6 : Microbalance TEOM

2.2 - Principe

Les données sont envoyées depuis les stations jusqu'au centre par un système GSM data (téléphonie). Un serveur les réceptionne. Alors, les données sont traitées par le logiciel, spécifique, XR International, qui permet le calcul, quotidien, de l'indice de la qualité de l'air (annexe 3), un suivi graphique en continu de l'état des installations de mesure.

Grâce à ce moyen d'analyse, l'ORA suit de manière continue l'évolution des niveaux de concentrations de ces polluants réglementaires à Rochambeau. Les seuils n'ont jamais été dépassés en raison de la préservation du département. Seules les poussières, affichent, par moment, des niveaux un peu plus forts en raison du sol guyanais (pistes en latérite) et de brumes de sables du Sahara portées par les vents.

Le camion a été placé en bout de piste afin de suivre l'activité aéroportuaire sur toute la période du 20/03/2006 au 19/05/2006.

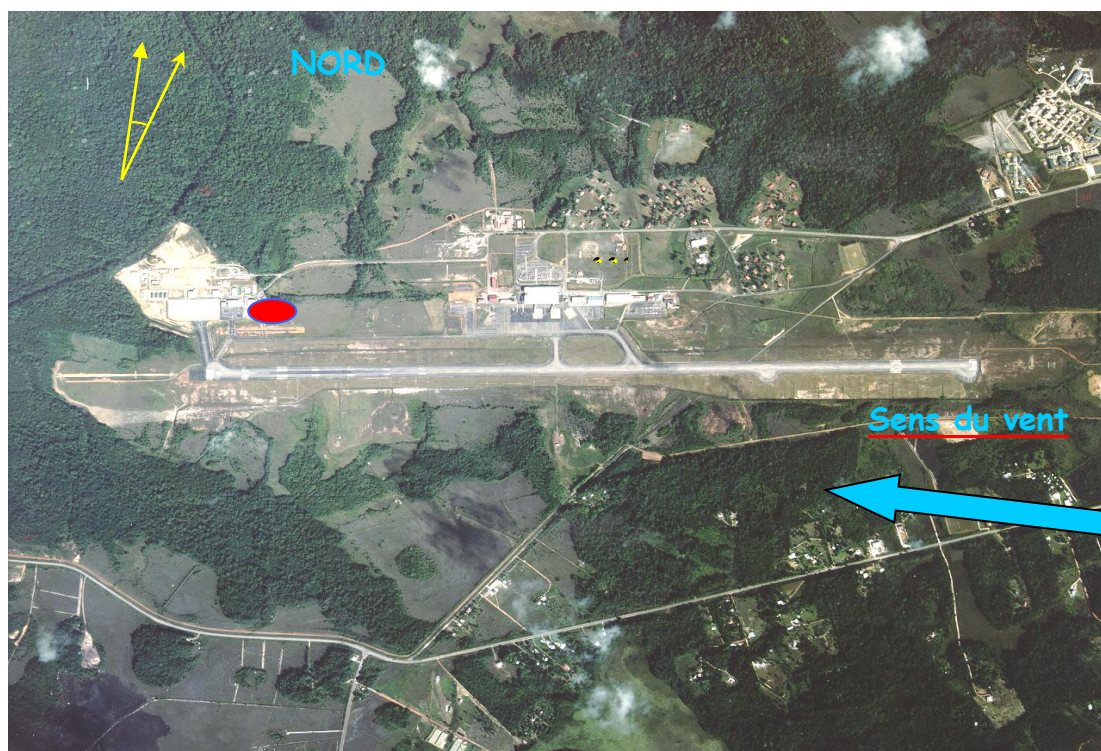


Figure 7 : Photo de l'aéroport avec, en rouge, le site de la station mobile

2.3 - Tubes passifs

La mesure à l'aide de tubes à diffusion passive est une technique peu onéreuse à mettre en place en particulier pour le dioxyde d'azote. Elle est d'une mise en oeuvre aisée. Il est possible de multiplier les points de mesure et de dresser une cartographie de la pollution due au dioxyde d'azote.

Cette technique est considérée comme fiable puisque des études comparatives entre des mesures effectuées à l'aide de ces tubes et par analyse classique en continu ont donné de bons résultats.

2.3.1 - Principe de la mesure

Les échantillonneurs consistent en des tubes de polypropylène de 7cm de long (Figure 10). Ils sont généralement disposés sur des poteaux dans un environnement dégagé.

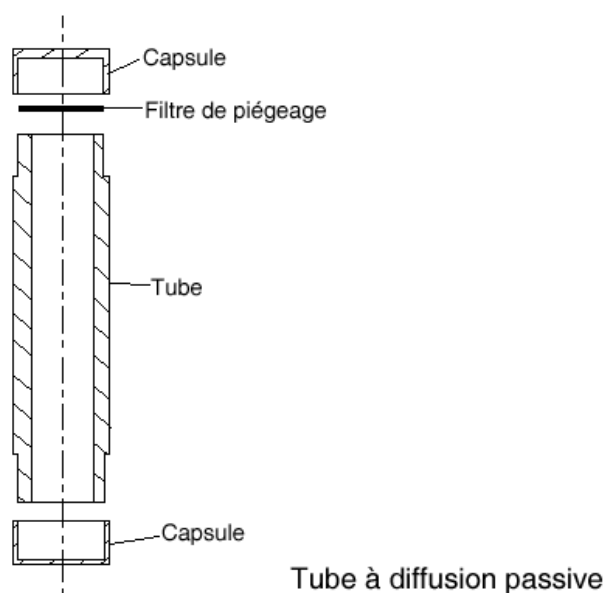


Figure 8 : Schéma tube à diffusion passive

La mesure consiste en un tube vertical ouvert à sa partie inférieure, contenant dans sa partie supérieure interne, un support solide imprégné d'une substance chimique adaptée à l'absorption de NO_2 qui diffuse naturellement dans le tube un débit d'échantillonnage. Pendant la durée d'exposition du tube dans l'atmosphère, en général 15 jours, le gaz NO_2 est piégé dans le tube sous forme de nitrite NO_2^- , afin d'avoir des concentrations supérieures à la limite de quantification (annexe 4 et 5).

Le tube est ensuite retourné en laboratoire afin de déterminer la masse de NO_2 captée.

Enfin, on calcule la concentration de NO_2 par m^3 .

2.3.2 - Zone d'étude

4 campagnes de mesure, de 15 jours, avec 100 tubes à diffusion passive (préparés, envoyés et analysés par MADININAIR, RSQA de la Martinique), ont été réalisées, du 20/03/2006 au 19/05/2006.

Dans un premier temps, les sites de mesure ont été répartis selon un quadrillage le plus régulier possible sur la zone d'étude (aéroport et commune de Matoury), à l'aide d'une carte IGN.

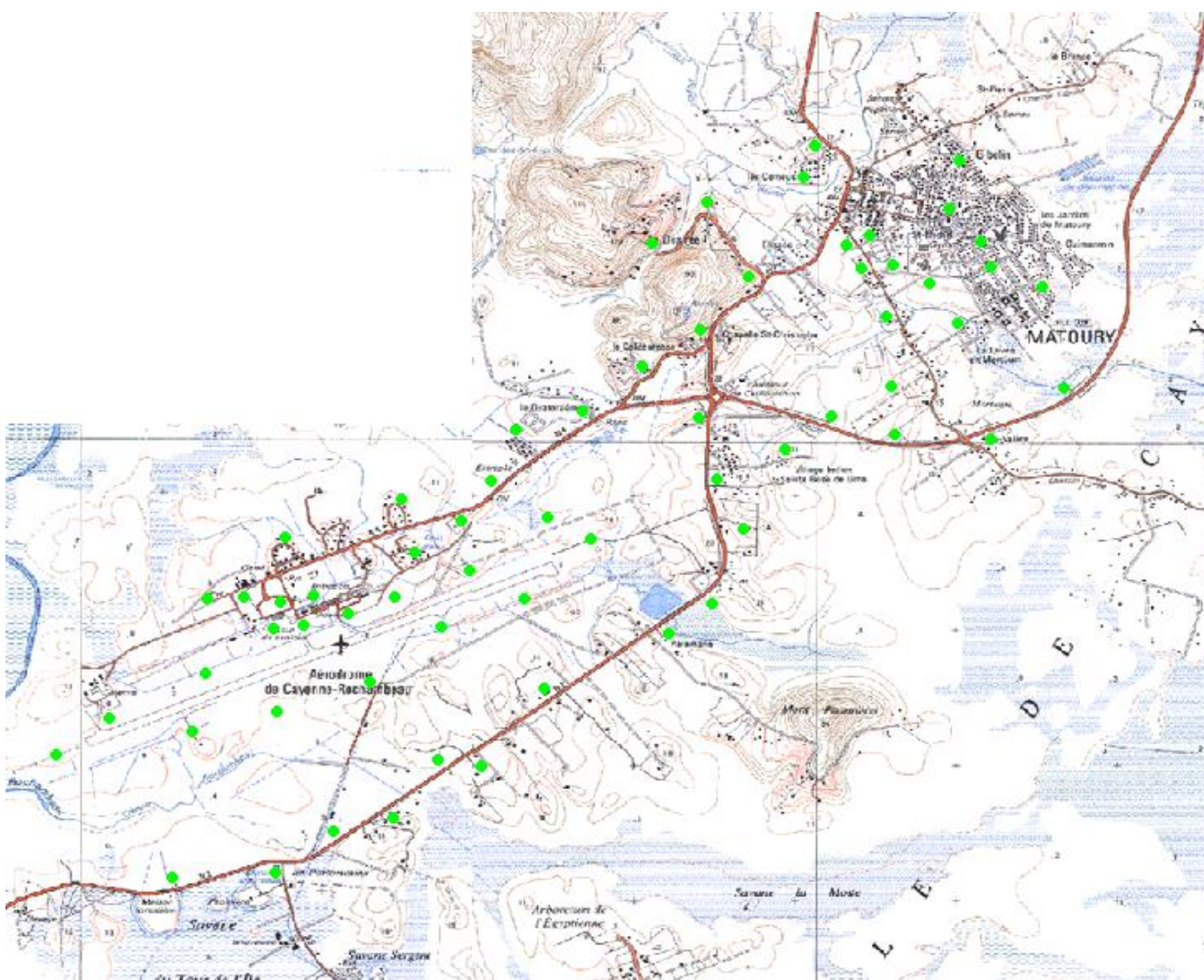


Figure 9 : Situation des sites de pose sur la zone d'étude

Dans un deuxième temps, un quadrillage a été ajusté en fonction des contraintes liées au terrain et à la typologie des sites en tenant compte des recommandations de l'ADEME.

Au total, on peut comptabiliser 70 sites de mesure.

Puis, les tubes ont été posés sur le terrain, en notant les heures de pose et de collecte. Ainsi, les conditions d'échantillonnage seraient les plus proches possibles (temps, heure de la journée...).

2.3.3 - Mise en place du dispositif

Les supports ont été réalisés (équerres en bois, percées), afin de pouvoir y placer les tubes. Ceux-ci sont accrochés à l'aide de colliers de serrage (Figure 11)., sur des pylônes téléphoniques, les poteaux électriques, les lampadaires et les arbres (à éviter dans la mesure du possible en raison de l'activité végétale). Néanmoins, certains piquets ont été plantés spécialement, dans des lieux, tels qu'aux abords de la piste, où il n'y avait nul point d'accroche.



Figure 10 : Tube sur porte-tube accroché à un poteau électrique

Lorsque les tubes sont placés en milieu urbanisé, il faut, avoir, auparavant, prévenu les communes. Les propriétaires de supports (EDF, France Telecom...) doivent également avoir été avisés de l'endroit de pose.

Les tubes sont placés au moins à 1 mètre du sol pour ne pas subir de perturbations, et souvent à une hauteur entre 2.5m et 4m essentiellement pour des raisons de vandalisme comme le recommande l'ADEME.

Les tubes doivent être placés à plus de 5m d'une infrastructure routière pour de faibles débits de véhicules, d'après l'ADEME. Compte tenu du trafic guyanais, les tubes pourront être positionnés proche des voies de circulation.

Tout point de mesure doit, dans la mesure du possible, avoir une distance minimale de 1m de toute structure porteuse, avec un dégagement libre de tout obstacle d'au moins 180° pour un mur et 270° pour un toit.

Il faut éviter les zones où l'air est stagnant ou trop empoussiéré, afin de rester dans des débits de prélèvement optimums.



Figure 11 : Quelques sites de pose de tubes

Plusieurs des sites de mesure ont reçu 2 tubes, positionnés l'un à côté de l'autre, afin de pouvoir valider ou non les résultats.

De plus, ceci permet, dans le cas où un tube serait souillé, cassé ou volé, d'avoir, tout de même un résultat sur la zone.

Des réception et en attendant la date de pose, les tubes sont conservés au réfrigérateur, afin de ne pas les détériorer.

Pendant la pose et le ramassage, ils sont simplement placés dans une boîte en polystyrène.

Au retour, les tubes sont remis au réfrigérateur jusqu'à leur envoi, par chrono poste, en Martinique, pour analyse.

Un blanc « transport », voyage dans les mêmes conditions que les tubes qui sont exposés, et est ensuite remis au réfrigérateur (Figure 13).

Un blanc « frigo », est mis de côté avant la pose, pour vérifier que les tubes n'étaient pas souillés (Figure 13).

Quelques blancs « terrain » ont, aussi, été disposés sur la zone d'étude, dans les mêmes conditions que les tubes de mesure (Figure 13).



Figure 12 : Blancs (tubes bouchés)

3 - Exploitation des résultats

3.1 - Données météorologiques

Grâce au camion laboratoire, équipé d'un anémomètre-girouette, d'un hygromètre et d'un thermomètre, on a pu relever les données suivantes :

	T moy (°C)	HR moy (%)	T min (°C)	T maxi (°C)	HR min (%)	HR maxi (%)
Campagne 1 (20/03 au 04/04)	25.9	79	21.7	29.6	54	96
Campagne 2 (04/04 au 19/04)	25.4	85	21.3	29.4	57	96
Campagne 3 (19/04 au 04/05)	25.1	88	22	29.5	54	97
Campagne 4 (04/05 au 19/05)	25.1	88	21.8	29.8	63	97

Figure 13 : Températures et humidités

L'humidité et la température forment deux courbes classiques du climat, annuel, guyanais. Journées chaudes et moites, et, nuits tempérées et très humides. Les données entre les différentes campagnes étant très proches, un graphique à profil journalier sur deux mois a été choisi comme représentation de l'humidité et de la température (Figure 14).

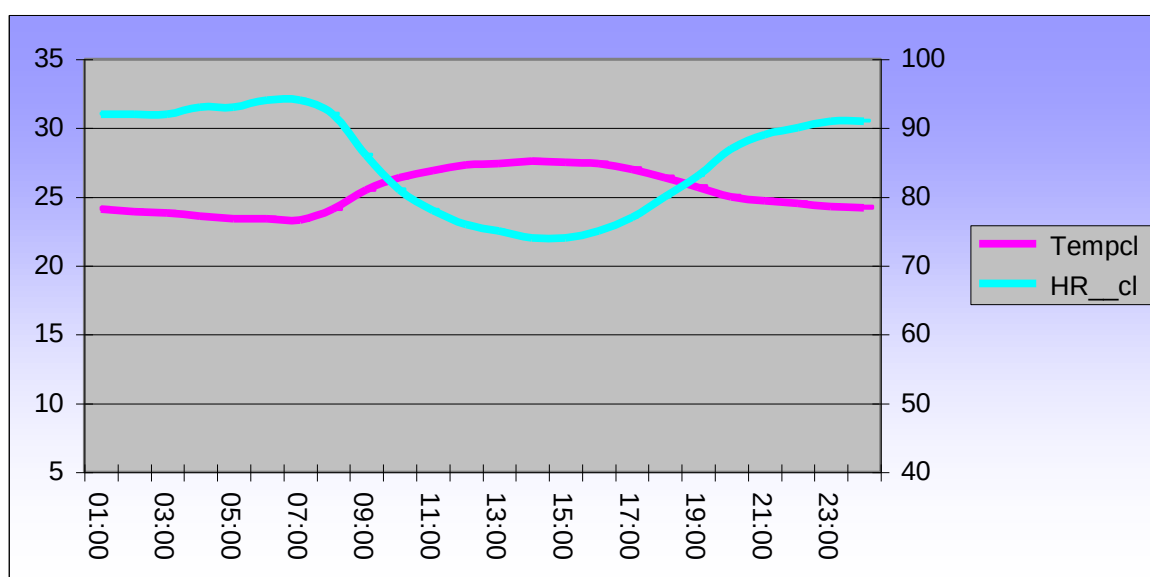


Figure 14 : Humidité et températures (profil journalier des 4 campagnes)

En Guyane, les vents, appelés alizés, parviennent constamment d' « est nord-est » à « est sud-est », avec une force stable et peu soutenue (1 à 6m/s), ce qui permet, d'ailleurs, une bonne dissipation de la pollution. Le calcul ne prend pas en compte les vents inférieurs à 1m/s, qui fait tourner la girouette à 360° sur elle-même. Elle est donc inefficace.

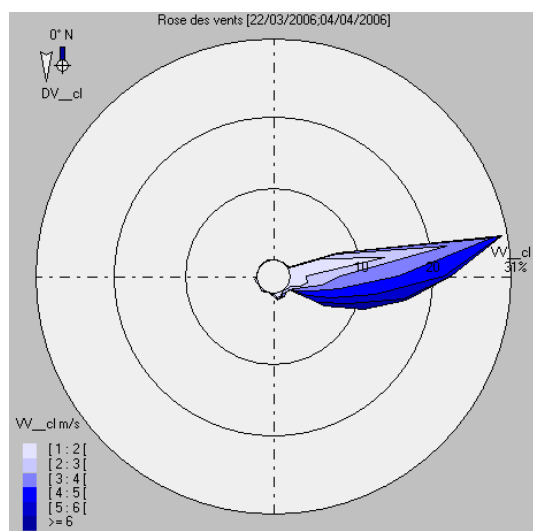


Figure 15 : Rose des vents-campagne 1

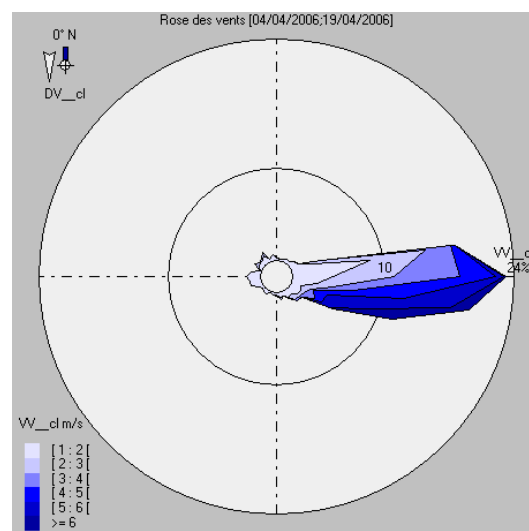


Figure 16 : Rose des vents-campagne 2

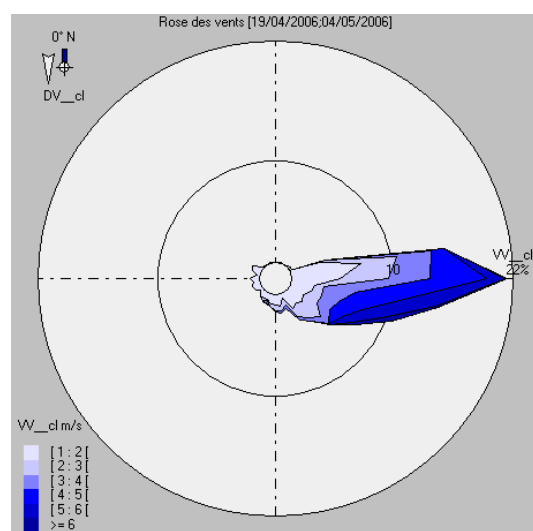


Figure 17 : Rose des vents-campagne 3

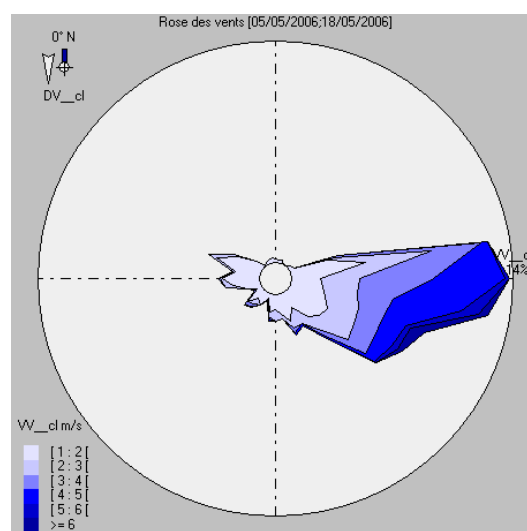


Figure 18 : Rose des vents-campagne 4

3.2 - Camion laboratoire

Sur la figure 19, on remarque une montée en NO entre 8h et 19h, ce qui correspond à l'activité humaine, sur et autour de l'aéroport. Pour NO₂ et SO₂, il y a réaction aussi, mais celle-ci est trop faible, pour expliquer un événement. Dans tous les cas, on ne peut lier les résultats aux seuls aéronefs.

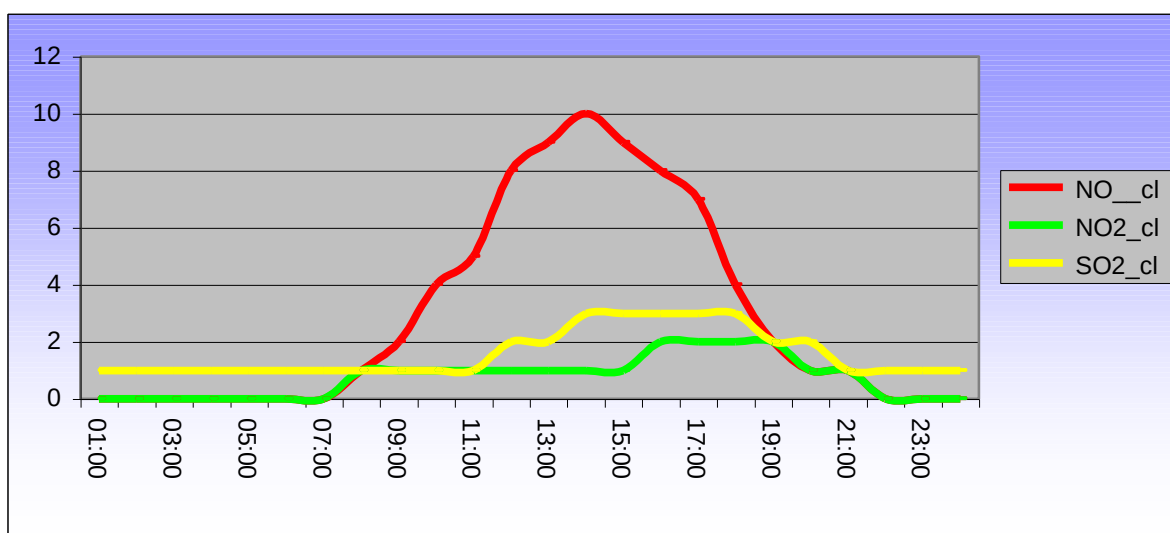


Figure 19 : Emissions NO, NO₂, SO₂ lors des 2 mois

Même si les niveaux relevés sont faibles, on peut voir que l'ozone suit une courbe en cloche, qui correspond à la création d'ozone la journée, en présence de rayons UV, et, au contraire, à la consommation de celui-ci la nuit. Coté poussières, beaucoup sont d'origines naturelles (pistes en latérite, sables...), et on remarque une chute de 19h à 7h, due aux pluies plus soutenues les nuits.

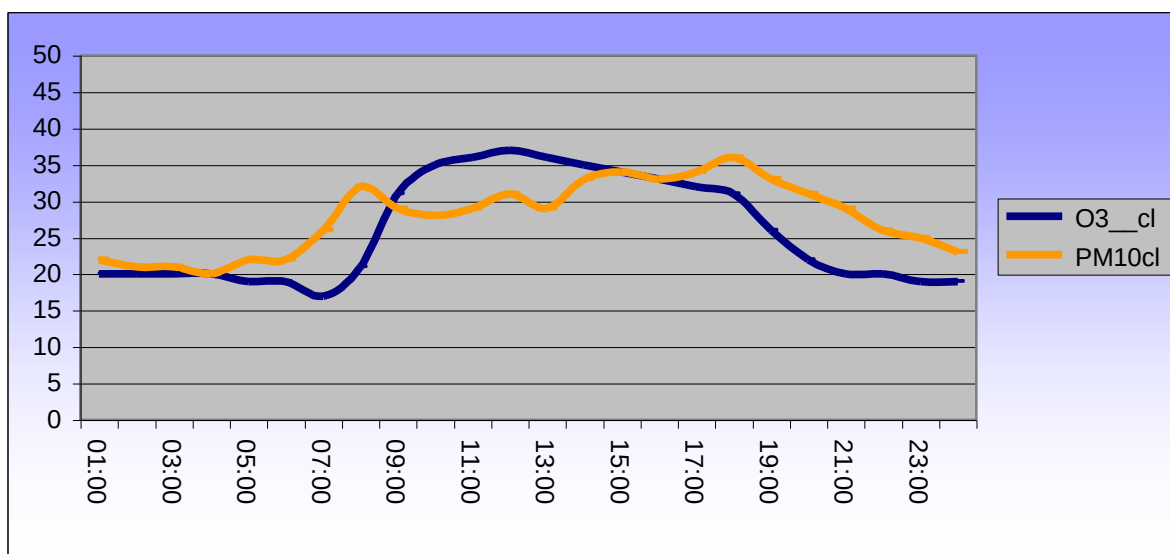


Figure 20 : Emissions O₃ et PM₁₀ lors des 2 mois

3.3 - Tubes passifs

3.3.1 - Distribution des résultats

D'après le chapitre II) C) 2), sur la zone d'étude, on sait que les sites ont été placés en fonction de la typologie des sites et des recommandations de l'ADEME. Pour exploiter les résultats, les sites ont donc été classés en quatre catégories : aéroport (A), urbain (U), rural (R), trafic (T) (annexe 6).

3.3.2 - Traitement des données

Invalidation (NF X 06-50) (Annexe 5) :

La décision a été prise de supprimer un résultat quand le tube avait été volé, souillé par des insectes, dégradé...

Les coefficients de variation compris entre 5 et 50% (élevés car moyennes faibles), ont permis la détection de valeurs suspectes.

Les valeurs aberrantes ont été écartées aussi en fonction de l'expertise humaine, afin de ne pas brouiller les résultats par site.

Interprétation des blancs :

Les blancs ont permis le calcul d'une moyenne par campagne. Celle-ci a été retranchée à tous les sites de la campagne afin d'obtenir les valeurs « non accessible », c'est à dire les valeurs réelles sur site (Figure 21).

Campagne	1 (20/03 au 04/04)	2 (04/04 au 19/04)	3 (19/04 au 04/05)	4 (04/05 au 19/05)
Moyenne blancs	-0.46	-0.46	-0.46	-0.84

Figure 21 : Moyenne des blancs par campagne

Moyennes et coefficient de variation (annexe 6) :

Une moyenne et un coefficient de variation, sur 2 mois, par site, ont été calculés. Les valeurs des moyennes se situent entre 1 et 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble de la campagne.

On peut alors calculer pour les différents types de site une moyenne, un écart-type et un coefficient de variation (Figure 22).

On remarque que les sites de trafic ont les niveaux les plus élevés, 6.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cela correspond au fait qu'il se trouve proche des émissions (routes). Les sites urbains

ont une moyenne à $4.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui est très peu mais avec un écart suffisant pour ne pas les confondre avec les sites ruraux ($2.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et l'aéroport ($2.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les coefficients de variation sont inférieurs à 20% ce qui est largement acceptable pour prendre en compte nos résultats par type site.

	A	R	T	U
Moyenne($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.97	2.47	6.82	4.37
Ecart-type	0.38	0.34	0.66	0.67
Coeff. Var (%)	12.89	13.77	9.68	15.33

Figure 22 : Moyenne des 4 campagnes par type de site

3.3.3 - Conclusions

Dans tous les cas, on remarque que les valeurs sont faibles comparées à celles pouvant être relevées en métropole ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne en ville, Metz (57) ou encore $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone très urbanisée, Paris (75)).

L'objectif de qualité est fixé à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et est toujours atteint sur les valeurs relevées pendant ces 4 campagnes, comme en 1997 avec une étude par tubes passifs sur Cayenne et ses alentours avec des résultats équivalents ($5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En conclusion, la zone couverte par cette étude est très peu soumise à des sources de NO_2 et donc relativement préservée.

On peut, enfin, relier la valeur aéroport et la valeur rurale, pour penser que la zone aéroportuaire n'a quasiment aucun impact environnemental.

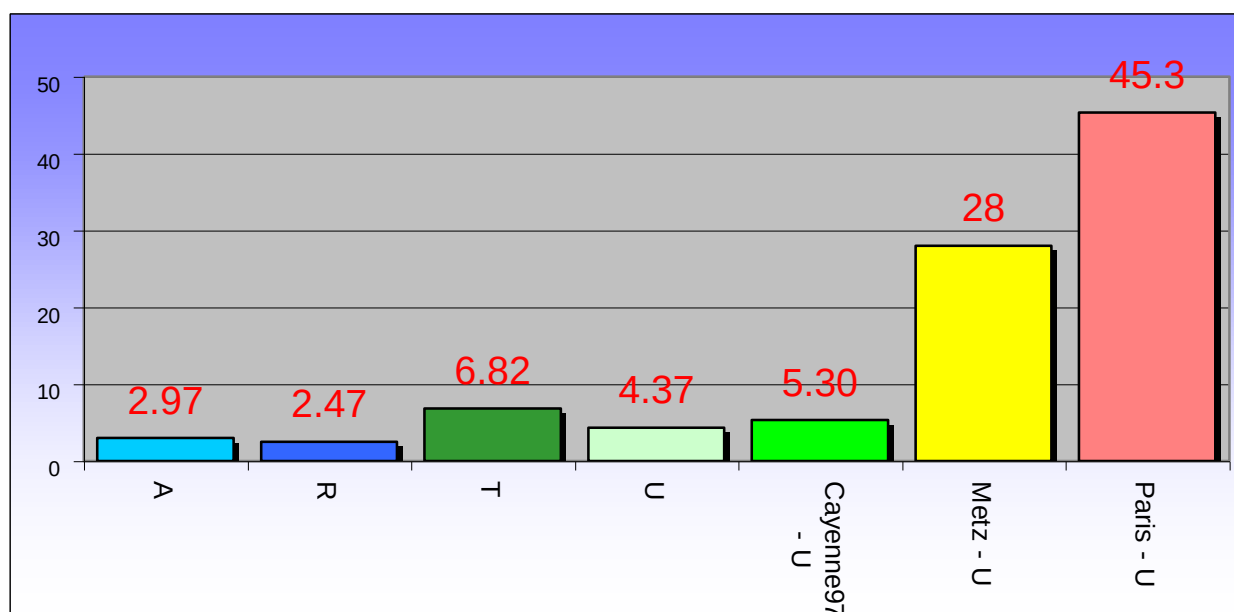


Figure 23 : Comparaison de la moyenne de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à Vierzon et Metz, par type de site, avec l'objectif de qualité à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.4 - Cartographie

Echelle : 1 cm => 350 m

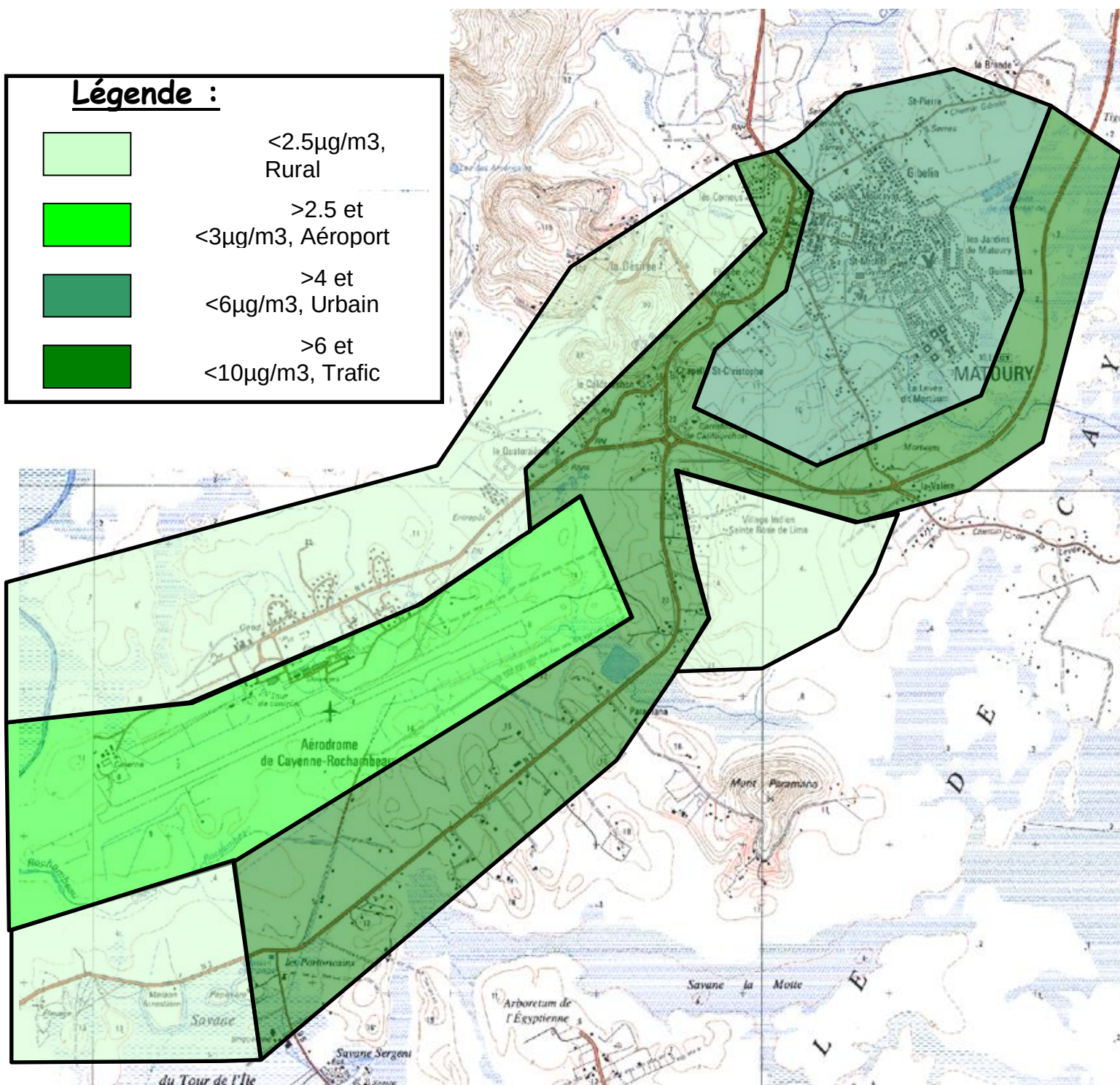


Figure 24 : Classification suivant type de site sur la zone d'étude

Cette carte a été réalisée avec Photoshop, car aucun logiciel de modélisation statistique existe à l'ORA.

Comme on a pu le constater dans le paragraphe III) C), les zones rurales sont les plus faiblement polluées et les zones trafic, les plus polluées.

La carte, avec les différents types de sites, permet une représentation spatiale de la zone d'étude, et aussi temporelle (résultats compilés sur deux mois), ainsi on a une visualisation de la pollution au cours de la période.

Conclusions et Perspectives

La zone aéroportuaire, de par sa proximité des zones habitées (Matoury, Rochambeau, ...), a engendré la mise place d'une campagne de mesure à l'aide de tubes passifs NO₂, ainsi que la disposition du camion laboratoire en bout de piste.

Grâce à ces moyens, nous avons pu mesurer les niveaux de fond en NO₂ sur l'ensemble de la zone (tubes passifs) et la pollution, en continue, de l'aéroport. Mais, aussi, certains paramètres météorologiques avec la station météorologique (camion laboratoire).

La Guyane est très proche de l'équateur et est donc soumise à un climat alliant chaleur et humidité. Les vents, appelés alizés, soufflent toujours modérément et dans la même direction, ce qui contribue, en général, à une bonne dilution de la pollution.

Les analyseurs du camion ont révélé d'une part, au niveau des NO_x, une certaine activité, en journée, mais celle-ci, trop faible, ne peut être directement liée au trafic aérien. D'autre part, l'ozone et les poussières ont des courbes, en forme de cloche, avec des niveaux hauts, le jour, et bas, la nuit. Ceci est dû, pour l'ozone à la dégradation par les UV des polluants « primaires » en journée et à la consommation par ceux-ci la nuit. Pour les poussières, c'est la présence de pluies plus fréquentes, entre l'aurore et l'aube, qui est responsable de cette alternance. Néanmoins, nous étions en saison dite « des pluies » et donc une campagne a été envisagée, cette année, en saison dite « sèche ».

Côté tubes passifs, on note des valeurs plus élevées sur Matoury en raison de la concentration de la population, sur la route de Roura ainsi que sur le parking de l'aéroport avec le trafic automobile. Par contre sur l'aéroport et dans les zones rurales les niveaux sont très faibles voire quasi nuls.

En conclusion, on retrouve un très faible impact général en raison de la préservation du territoire guyanais. Non-liée à l'aéroport mais plutôt à l'activité humaine « normale » : la pollution est surtout due à l'automobile. Cependant, en raison d'une démographie grandissante, d'une grande immigration, et d'un développement industriel en mouvement, il serait nécessaire d'envisager cette même étude dans quelques années afin de suivre une très probable dégradation de l'air.

Bibliographie

Ouvrages scientifiques

- Cartes IGN - 2001 - DDE
- Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote - 2002 - ADEME
- Etude du dioxyde d'azote par diffusion passive - 2005 - AERFOM
- Etude du dioxyde d'azote sur l'aéroport de Bordeaux - 2003 - ATMO-AQUITAINE
- Pollution atmosphérique et aviation - 2003 - DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
- Qualité de l'air tome 1, 2, 3 - 1999 - AFNOR
- Rapport de mesures - 1998 - ORAMIP
- Synthèse de l'expérience acquise par les réseaux sur l'échantillonnage passif NO₂ - 2000 - ECOLE DES MINES DE DOUAI

Sites internet

- Ademe.fr
- Atmo-France.org
- Guyane.cci.fr
- Ineris.fr
- Inrs.fr
- Ird.fr
- Lcsqa.org
- Meteo-France.fr

Liste des figures

<i>Figure 1 : Profil journalier du trafic aérien sur Rochembeau</i>	
<i>Figure 2 : Profil hebdomadaire du trafic aérien sur Rochembeau</i>	<i>Page 4</i>
<i>Figure 3 : Combustion réelle d'un réacteur d'avion</i>	<i>Page 5</i>
<i>Figure 4 : Camion laboratoire</i>	
<i>Figure 5 : Analyseurs SERES 2000G</i>	
<i>Figure 6 : Microbalance TEOM</i>	<i>Page 6</i>
<i>Figure 7 : Photo de l'aéroport avec, en rouge, le site de la station mobile...</i>	<i>Page 7</i>
<i>Figure 8 : Schéma tube à diffusion passive</i>	<i>Page 8</i>
<i>Figure 9 : Situation des sites de pose sur la zone d'étude</i>	<i>Page 9</i>
<i>Figure 10 : Tube sur porte-tube accroché à un poteau électrique</i>	<i>Page 10</i>
<i>Figure 11 : Quelques sites de pose de tubes</i>	<i>Page 11</i>
<i>Figure 12 : Blancs (tubes bouchés)</i>	<i>Page 12</i>
<i>Figure 13 : Températures et humidités</i>	
<i>Figure 14 : Humidité et températures (profil journalier sur 2 mois)</i>	<i>Page 13</i>
<i>Figure 15 : Rose des vent - campagne 1</i>	
<i>Figure 16 : Rose des vent - campagne 2</i>	
<i>Figure 17 : Rose des vent - campagne 3</i>	
<i>Figure 18 : Rose des vent - campagne 4</i>	<i>Page 14</i>
<i>Figure 19 : Emissions NO, NO2, SO2 lors des 2 mois</i>	
<i>Figure 20 : Emissions O3 et PM10 lors des 2 mois</i>	<i>Page 15</i>
<i>Figure 21 : Moyenne des blancs par campagne</i>	<i>Page 16</i>
<i>Figure 22 : Moyenne des 4 campagnes par type de site</i>	
<i>Figure 23 : Comparaison de la moyenne de NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) par type de site avec l'objectif de qualité à $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, Vierzon et Metz</i>	<i>Page 17</i>
<i>Figure 24 : Classification suivant type de site sur la zone d'étude</i>	<i>Page 18</i>

Annexes

Annexe 1 : Présentation de l'ORA

Annexe 2 : SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀

Annexe 3 : Indice de la qualité de l'air

Annexe 4 : La première loi de Fick

Annexe 5 : Principe et méthode d'analyse des tubes à diffusion passive NO₂

Annexe 6 : Tableau de résultats tubes passifs

Annexe 1

Présentation de l'ORA

L'Observatoire Régional de l'Air de Guyane est l'une des 40 associations nationales de surveillance de la qualité de l'air agréées par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Il répond à une mission d'ordre d'intérêt général, définie par la LAURE (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie), qui dit que : « chacun a le droit de respirer un air qui ne lui est pas nuisible ». Il regroupe quatre collèges constitués des représentants des services de l'Etat, des collectivités, des industries émettrices de substances polluantes et des associations environnementales.

Ses principales missions consistent à :

- Suivre la qualité de l'air sur son territoire de compétence par le biais de mesures afin d'établir la conformité à la législation des niveaux de concentration des polluants réglementaires.
- Informer la population de l'état de leur environnement atmosphérique à l'aide par exemple de panneaux électroniques installés dans la ville de Cayenne, de son bulletin d'information « Picolet' Air » ou de son site internet.



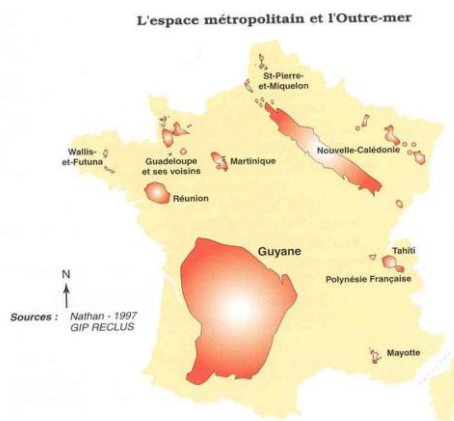
Panneau d'informations (place des Palmistes)

- Sensibiliser la population, dans les écoles ou lors de manifestations diverses, à la nécessité d'adopter des comportements visant à minimiser l'impact anthropique sur la qualité de l'air que nous respirons.

Sa zone de compétence est la Guyane,

Département d'outre-mer situé au Nord-Est de l'Amérique du Sud à 8000 km de la métropole et 1500 km des Antilles, soit entre 2° et 6° de latitude Nord et 52° et 54° de longitude Ouest.

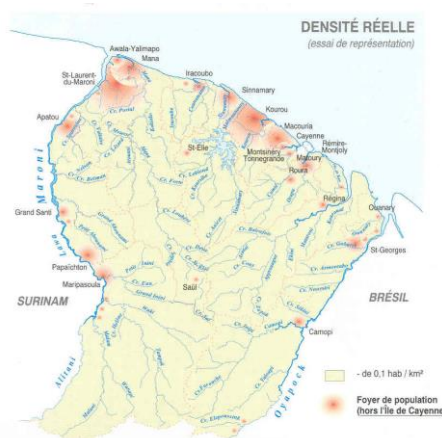
Le territoire de compétence couvre une superficie de 90 000 km², ce qui représente 1/6 de la France hexagonale (cf. Figure 1).



Vue par comparaison de la surface du département guyanais

La croissance démographique y est forte. Elle est de 3,6% par an de 1990 à 1999. Elle est principalement liée aux flux migratoires des pays limitrophes, tels que le Brésil ou le Surinam et a un indice de fécondité de 3,9 (le plus important d'Europe). Une projection des tendances observées en 1990 conduit à estimer la population guyanaise à 280 000 habitants en 2008 ou 2009.

Sa population est répartie de manière très inégale : 80% habite le littoral sur une bande de 320 km de long et sur une largeur de 10 à 40 km (cf. Figure 2). Si la densité d'habitants sur tout le département est de 1 habitant au km², une fois ramenée au 10% du territoire habité, elle passe à 21 habitants au km².



Répartition de la population

Les principales sources de pollutions significatives dans ce département sont :

- Les Brûlages à l'air libre,
- Les Centrales thermiques de production électrique :
 - la centrale thermique de Dégrad - des - Canes
 - la turbine à combustion de Kourou
 - la centrale thermique de St - Laurent - du - Maroni
 - le barrage de Petit - Saut,
- Les Complexes industriels et spatiaux,
- Décharges,
- Epandage de pesticides,
- Feux de savanes pendant la saison sèche,
- Trafic automobile, aérien et fluvial,
- Incinérateur hospitalier

Annexe 2

SO₂



dioxyde de soufre

Seuil d'information/précaution : 300 µg/m³ sur 1 heure

Seuil d'alerte : 500 µg/m³ sur 1 heure pendant 3 heures

Objectif de qualité : moyenne annuelle : 50 µg/m³

Sources :

Le dioxyde de soufre est issu de la combustion des combustibles fossiles tels que le charbon et le fioul. Les sources principales sont les centrales thermiques, les industries disposant de grosses installations de combustions, les chauffages collectifs et individuels.

Santé :

Le SO₂ est un gaz irritant pour les muqueuses, la peau et les voies respiratoires supérieures. Il va ainsi altérer les défenses pulmonaires et aggraver les maladies respiratoires et cardiovasculaires préexistantes. Le SO₂ a aussi la possibilité de se transformer en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air participant ainsi au phénomène de pluies acides. Ce phénomène va participer à la dégradation des monuments.

Mesure :

On le mesure à l'aide de la fluorescence UV (Ultra Violet). Les molécules de SO₂ sont excitées par une source de longueur d'onde de 215 nm. Leurs désactivations se font selon deux processus :

- non-radiatif : le transfert d'énergie s'effectue par collisions des molécules.

- radiatif : la dissipation se fait par émission électromagnétique, soit par fluorescence, soit par phosphorescence selon la multiplicité entre l'état excité et fondamental.

En mesurant l'intensité des raies de fluorescence par un tube photomultiplicateur, on obtient un signal proportionnel à la concentration de SO₂.

NO₂



dioxyde d'azote

Seuil d'information/précaution : 200 µg/m³ sur 1 heure

Seuil d'alerte : 400 µg/m³

Objectif de qualité : moyenne annuelle : 40 µg/m³

Sources :

Le monoxyde d'azote (NO) anthropique provient de l'oxydation atmosphérique dans les foyers de combustion. Plus la température est élevée et plus la quantité de NO générée est importante.

Au contact de l'air, le NO généré va s'oxyder très rapidement en dioxyde d'azote (NO₂).

Les principales sources d'émissions sont donc le transport routier et les installations de combustion type chauffages collectifs, centrales thermiques...

Santé :

Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications de l'appareil respiratoire. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques et les enfants. Le NO₂ participe aux phénomènes de pluies acides, à la formation d'ozone troposphérique dont il est un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Mesure :

On utilise la réaction de chimiluminescence entre l'O₃ et le NO pour mesurer NO₂. Un photomultiplicateur mesure l'intensité de la lumière émise dans le rouge à 1100 nm lors de la réaction du NO avec l'O₃. La concentration d'O₃ étant fixée, la quantité de lumière émise est proportionnelle à la concentration de NO. Un four à molybdène est utilisé pour réduire le NO₂ en NO permettant ainsi de mesurer la concentration en oxyde d'azote et d'en déduire la concentration en NO₂.

**ozone**Seuil d'information/précaution : 180 µg/m³ sur 1 heureSeuil d'alerte : 240 µg/m³ sur 3 heuresObjectif de qualité : 110 µg/m³ en moyenne sur 8 heuresSources :

L'ozone n'a pas de source anthropique directe puisque c'est un polluant secondaire. Il résulte d'une réaction chimique avec certains polluants primaires comme les oxydes d'azote, les composées organiques volatiles sous l'effet du rayonnement solaire.

Il se trouve dans deux couches distinctes de l'atmosphère : la stratosphère où il nous protège des rayons ultraviolets et la troposphère où il peut avoir des effets nocifs sur l'homme et son environnement.

Santé :

En effet, à de forte concentration, le caractère agressif de l'ozone peut provoquer des irritations oculaires, une altération de la fonction pulmonaire, une irritation de la muqueuse bronchique, une augmentation de l'hyper réactivité bronchique aux allergènes et une diminution de la fonction respiratoire.

Mesure :

Le principe de mesure est basé sur l'absorption de la lumière par l'ozone selon la loi de Beer - Lambert. L'air à analyser est placé dans une cuve de longueur constante traversée par un rayonnement UV de longueur d'onde 254 nm émis par une lampe UV à vapeur de mercure basse pression. Cycliquement, un catalyseur détruit spécifiquement l'ozone afin de servir de référence permettant ainsi de déterminer la concentration d'O₃ connaissant la différence d'absorption entre le gaz avec et sans ozone.

**particules fines de diamètre inférieur à 10 µm**Objectif de qualité : moyenne annuelle : 30 µg/m³Sources :

Les particules fines sont des amas de molécules en suspension dans l'air. Leur diamètre est variable pouvant aller de quelques microns à quelques centaines de microns. Actuellement, les particules fines d'un diamètre inférieur à 10 µm sont suivies par toutes les AASQA et leur concentration intervient dans la détermination de l'indice de la qualité de l'air. Certaines AASQA suivent aussi les particules fines de moins de 2.5 µm de diamètre. Leurs origines peuvent être naturelles (érosion, pollens, feux de biomasse...) mais sont généralement anthropiques. La combustion des combustibles fossiles, le transport automobile et l'activité industrielle sont les sources majoritaires de poussières fines.

Santé :

L'impact sur la santé des particules fines est variable. Il va dépendre de la nature physico-chimique des particules et de leurs granulométries. Les particules de diamètre supérieur à 10 µm sont retenues par les voies aériennes supérieures et celles de diamètre inférieur vont pénétrer plus ou moins profondément dans les voies respiratoires provoquant des irritations des voies respiratoires inférieures et une altération de la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules peuvent absorber en surface des composées toxiques leur conférant ainsi des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Compte tenu de leur rôle très important dans les phénomènes atmosphériques, elles peuvent interférer avec le climat. Elles participent aussi à la salissure des bâtiments et des monuments.

Mesure :

La technique la plus utilisée est celle de la microbalance inertielle TEOM. Cette méthode de collection sur filtre permet la pesée en temps réel et dans des conditions d'iso cinétisme, des particules déposées. La microbalance oscille avec une fréquence de vibration, fonction directe de la masse collectée.

Annexe 3

Indice de la qualité de l'air

L'indice de la qualité de l'air est un indicateur journalier de la qualité de l'air pour les agglomérations de moins de 100 000 habitants. Il est appelé "Indice ATMO" et est obligatoire pour celles de plus de 100 000 habitants.

Il permet de contrôler la qualité de l'air que nous respirons et d'informer la population d'une manière synthétique.

4 polluants sont pris en compte pour son calcul :

- NO₂,
- SO₂,
- O₃,
- et PM₁₀.

Les valeurs moyennes sont classées sur une échelle spécifique à chacun des polluants comportant dix paliers (niveaux fixés par les réglementations françaises et européennes), et correspondant à un sous-indice. L'indice de la qualité de l'air de la journée est le plus élevé de ces quatre sous-indices, pour l'agglomération surveillée.

INDICES	ECHELLE P _s moyenne journalière	ECHELLE SO ₂ moyenne horaire	ECHELLE NO ₂ moyenne horaire	ECHELLE O ₃ moyenne horaire
1	0 à 9 µg/m ³	0 à 39 µg/m ³	0 - 29	0 à 29 µg/m ³
2	10 - 19	40 - 79	30 - 54	30 - 54
3	20 - 29	80 - 119	55 - 84	55 - 79
4	30 - 39	120 - 159	85 - 109	80 - 104
5	40 - 49	160 - 199	110 - 134	105 - 129
6	50 - 64	200 - 249	135 - 164	130 - 149
7	65 - 79	250 - 299	165 - 199	150 - 179
8	80 - 99	300 - 399	200 - 274	180 - 249
9	100 - 124	400 - 599	275 - 399	250 - 359
10	sup à 125	sup à 600	sup à 400	sup à 360

1	Très bon
2	Très bon
3	Bon
4	Bon
5	Moyen
6	Médiocre
7	Médiocre
8	Mauvais
9	Mauvais
10	Très mauvais

Annexe 4

La première loi de Fick

La première loi de Fick décrit le flux d'un gaz 1 à travers un gaz 2. Dans des conditions de pression et de température constantes, on peut déterminer la concentration d'un polluant présent dans l'air.

Première loi de Fick :

$$F_{12} = -D_{12} \frac{dC_{12}}{dl}$$

- F_{12} est le flux en $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$;
- D_{12} est le coefficient de diffusion moléculaire dans l'air en cm^2/s ;
- C_{12} est la concentration du gaz dans l'air ambiant en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$;
- l est la longueur du parcours de diffusion en cm ;

Compte tenu de la géométrie des tubes à diffusion passive, en intégrant la relation précédente on peut déterminer la masse de gaz transférée, soit:

$$m = F_{12} \pi r^2 t = \frac{D_{12} (C_{12} - C_s) \pi r^2 t}{l}$$

- m étant la masse du gaz en μg ;
- r étant le rayon interne du tube en cm ;
- t étant le temps en s ;
- C_s étant la concentration de l'élément au contact du support ;

C_s étant considérée comme nulle au voisinage de l'absorbant, on aboutit à la relation suivante :

$$m = \frac{D_{12} C_{12} \pi r^2 t}{l}$$

d'où :

$$C_{12} = \left(\frac{D_{12} \pi r^2 t}{l} \right)^{-1} m$$

Annexe 5

Principe et méthode d'analyse des tubes à diffusion passive NO₂

Préparation de la solution d'imprégnation

La composition de la solution d'imprégnation des grilles est la suivante :

- | | | |
|---|---|--------|
| - Triéthanolamine pour atteindre 0.75 mol/l | ⇒ | 10 ml |
| - BRIJ 35 pour atteindre 0.3% en volume | ⇒ | 0.3 ml |
| - Eau déminéralisée | ⇒ | 100 ml |

Préparation du réactif

Pour les tubes NO₂, le réactif est un mélange de deux solutions. La première est constituée de Sulfanilamide dissout et d'acide orthophosphorique. La seconde contient du dichlorhydrate de N(Naphtyl-1)éthylène diamine. Le réactif peut être conservé une durée d'un mois à 4°C dans l'obscurité. Mais la durée de conservation pouvant être variable, il est recommandé de stocker le moins longtemps possible le réactif.

Préparation de la solution mère

La solution mère est une solution de nitrite de sodium. Le nitrite de sodium étant oxydable par l'air, il est indispensable de préparer la solution au moment de l'emploi.

Analyse par spectrométrie d'absorption

La procédure est à peu près similaire à celle pour l'ozone. Un lot de filtres est imprégné de la solution d'étalonnage à différentes concentrations puis l'ajout du réactif colorimétrique permet d'obtenir la solution sur laquelle sera effectuée la mesure d'absorbance permettant de tracer la courbe d'étalonnage. La référence du spectrophotomètre sera le réactif colorimétrique et la longueur d'onde utilisée d'environ 542 nm.

Analyse des tubes

Après avoir introduit du réactif colorimétrique dans les tubes et laissé les colorations se développer en retournant régulièrement les tubes, l'absorbance des solutions de désorption est mesurée par un spectrophotomètre. Grâce à la courbe d'étalonnage, on peut en déduire la concentration de nitrite correspondant au gaz NO₂ capté par les supports imprégnés. Par la relation suivante, on peut en déduire la masse de NO₂ recueillie sur le filtre :

$$m = C' \cdot V \cdot F_{dil}$$

- m étant la masse de NO₂ en μg ;
- C' étant la concentration en nitrite mesurée sur la courbe d'étalonnage en $\mu\text{g/ml}$;
- V étant le volume de réactif colorimétrique en ml ;
- F_{dil} étant le facteur de dilution éventuel ;

Annexe 6

TABLEAU DE RESULTATS TUBES PASSIFS :

EN BLEU : les blancs

EN JAUNE : les valeurs supprimées (tubes volés, insectes, valeurs aberrantes...)

Taux de valeurs supprimées : 12%

Numéro tube	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4	Moy	Ecart type	CV(%)	type site (U, R, T)
1	6.45	6.08	6.03	7.36	6.48	0.62	9.52	A
2	4.56	2.69	2.12	1.33	2.05	0.68	33.27	A
3	2.79	2.94	1.74	2.97	2.61	0.58	22.34	A
4	14.86	2.69	3.00	0.96	2.85	0.22	7.80	A
5	2.92	3.19	0.86	1.58	2.56	0.86	33.51	A
6	5.30	1.94	3.89	1.58	2.47	1.24	50.15	A
7	3.29	1.81	0.73	5.35	1.75	0.87	49.67	A
8	1.53	1.94	0.48	1.21				
9	4.29	3.95	1.11	1.58	3.28	1.48	45.03	A
10	3.29	2.69	0.99	5.48	3.82	1.47	38.44	A
11	27.00	2.69	1.24	5.73	1.96	1.03	52.28	A
12	3.79	3.07	1.62	4.98	2.60	1.44	55.45	A
13	0.28	2.19	0.73	1.84				
14	2.16	2.69	0.48	1.71	1.76	0.94	53.50	A
15	5.67	4.33	3.00	4.73	4.43	1.10	24.93	A
16	10.61	7.97	7.67	8.37	8.65	1.33	15.40	T
17	2.66	4.71	2.50	3.10	3.26	1.00	30.62	R
18	2.91	4.96	2.50	2.72				R
19	2.78	3.95	1.62	2.34	2.67	0.98	36.56	R
20	1.53	0.05	1.62	1.96	1.70	0.23	13.35	R
21	0.15	1.94	2.25		2.09	0.22	10.34	R
22	2.79	2.19	1.36	0.58	1.59	0.79	49.63	R
23	1.53	1.69	0.48	2.09				
24	2.29	4.2	1.62	10.80	3.14	1.47	46.85	R
25	5.55	2.94	2.25	10.55				
26	2.66	1.94	1.24	3.47	2.33	0.96	41.14	R
27	3.04	2.57	1.62	2.72	2.49	0.61	24.65	R
28	2.17	1.06	2.50	0.33	1.91	0.75	39.52	R
29	2.54	4.2	4.26	4.62	3.91	0.93	23.80	T
30	1.28	3.57	1.24	3.23	2.50	0.96	38.20	R
31	3.17	2.94	1.62	2.98				
32	3.54	2.57	0.23	1.84	2.65	0.85	32.22	R
33	11.34	17.91	12.71	13.85	13.95	2.83	20.29	T
34	4.30	3.7	4.90	4.62	4.38	0.51	11.74	R
35	9.58	6.09	7.67	7.49	7.71	1.44	18.63	T
36	4.18	2.82	1.87	2.84	2.97	0.99	33.39	R
37	3.30	4.45	1.62	2.72				
38	2.93	4.33	2.63	7.87	4.44	2.40	54.17	T
39	4.56	4.2	4.14	2.97	4.42	1.13	25.44	T
40	6.69	3.45	4.27	5.10				
41	13.11	9.48	10.31	12.93	11.46	1.84	16.03	T
42	11.60	6.34	6.54	7.44	7.98	2.46	30.86	T
43	6.44	11.62	8.30	13.18	8.43	2.66	31.54	T
44	6.07	8.6	7.16	6.07				
45	8.83	9.86	10.32	8.19	9.30	0.97	10.41	T
46	6.95	12.5	10.32	7.82	9.40	2.52	26.77	T
47	1.79	4.45	2.12	2.45	3.27	1.13	34.54	T
48	4.81	4.08	3.64	2.83				
49	1.54	1.43	1.49	1.70	1.79	0.41	22.90	R
50	2.42	2.19	0.99	7.82				
51	4.43	3.2	2.37	2.45	3.11	0.95	30.64	T
52	5.32	11.99	4.89	4.45	4.89	0.44	8.92	T



53	10.73	6.34	9.56	17.55	8.19	1.75	21.41	T
54	7.45	8.73	8.68	5.82				
55	4.68	3.82	0.86	4.32	4.67	1.70	36.46	T
56	8.21	5.08	3.13	3.45				
57	-0.31	-1.04	1.03	-0.76				
58	7.20	5.59	0.99	3.95	6.23	1.64	26.29	T
59	8.72	6.47	-0.27	5.45				
60	3.05	5.46	5.65	8.56	4.45	1.33	29.80	T
61	3.30	4.45	6.16	3.08				
62	3.04	1.94	2.25	1.96	2.09	0.50	24.05	U
63	1.53	2.57	1.74	1.71				
64	5.55	7.23	2.75	6.60	5.15	1.66	32.17	U
65	4.67	4.08	1.87	12.49				
66	-0.18	-0.16	-0.86	-0.64				
67	3.29	6.47	2.50	3.21	3.85	1.18	30.72	U
68	3.67	4.33	3.89	3.46				
69	3.55	4.45	0.36	4.97	3.83	0.77	20.20	U
70	2.67	4.2	3.26	3.72				
71	2.67	5.21	2.75	4.09	4.18	0.97	23.31	U
72	4.80	4.83	4.27	4.84				
73	3.80	6.35	5.02	4.47	4.58	0.94	20.41	U
74		3.45	4.52	4.47				
75	2.04	5.72	5.78		4.07	1.87	45.89	U
76	3.92	5.34	1.62	1.71				
77	6.31	4.83	0.86	6.53	5.03	1.32	26.18	T
78	2.79	3.95	5.53	5.26				
79	0.78	1.81	2.12	4.88	2.49	1.31	52.36	R
80	2.41	2.06	3.39	8.04				
81	1.91	3.45	1.62	2.98	2.24	0.69	30.73	R
82	1.91	1.94	1.87					
83	9.07	7.1	8.69	5.09	6.83	1.54	22.62	T
84	5.43	7.73	5.78	5.72				
85	1.66	2.69	1.49	2.33	1.79	0.60	33.45	R
86	1.16	2.06	1.11	5.47				
87	0.91	0.43	2.88	2.71	1.95	0.78	40.15	U
88	1.28	2.19	1.74	5.46				
89	5.21	9.45	8.32	9.48	8.20	1.98	24.21	U
90	6.35	6.32	9.84	10.61				
91	4.71	3.44	2.63	3.84	3.65	0.86	23.63	U
92	0.83	-0.03	-0.74	-0.39				
93	11.67	6.21	5.16	11.49	7.70	2.96	38.49	U
94	8.63	5.08	4.15	9.23				
95	4.83	5.71	3.01	3.46	4.25	1.01	23.73	U
96	5.47	4.45	3.64	3.46				
97	3.31	5.08	1.87	0.83	3.32	1.32	39.85	U
98	4.83	2.69	1.75	3.72				
99	-1.06	-0.03	-1.11	-0.89				
100	-1.56	-1.04	-0.61	-1.52				

Résumé

L'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (ORA de Guyane), association agréée par le Ministère de l'Environnement et membre de la Fédération ATMO, a pour missions principales la mesure et le suivi des concentrations de certains polluants atmosphériques, l'information et la sensibilisation de la population sur l'état de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire guyanais.

Dans le cadre de sa mission de surveillance, la première campagne de mesures sur l'aéroport Cayenne - Rochambeau a été mise en place du 20/03/2006 au 19/05/2006, afin de voir son impact éventuel sur les populations aux alentours.

Ceci a permis :

- de réaliser un point sur la qualité de l'air autour de l'aéroport,
- d'étudier l'impact sur les proches habitations,
- et de faire quelques observations par rapport aux conditions de réalisation de la campagne.

Abstract

ORA of Guyana have for principal roles the measurement and the follow-up of the concentrations of certain pollutants atmospheric, the information and the sensitising of the population on air quality on all the Guianese territory.

In the framework of its surveillance mission, the first series of measurements on the airport Cayenne - Rochambeau was installed during 2 month, in order to see a possible impact on the populations.

This allowed :

- to carry out a point on air quality around the airport
- to study the impact on the close relations dwellings
- and to make some observations compared to the conditions of realization of the countryside.

