

ASSOCIATION REGIONALE DE
SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE
L'AIR EN MARTINIQUE



pantone

**ETUDE DE LA QUALITE DE
L'AIR DANS LA COMMUNE DE
SAINTE-ANNE :
PAR TUBES PASSIFS
PAR CAMION LABORATOIRE
EN MAI ET JUILLET 2008**

Date : SEPTEMBRE 2008
Réf : 09/08/NO2STANNE

Rédacteur :
C.BOULLANGER



I.	PRESENTATION DE L'ETUDE	3
II.	CONTEXTE DE D'ETUDE	4
II.1.	LES POLLUANTS MESURES	4
II.1.1	Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	4
II.1.2	Le dioxyde d'azote (NO ₂)	5
II.1.3	Les poussières (PM10).....	7
II.2.	CAMPAGNES DE MESURE	8
II.2.1	Mesure ponctuelle sur site	8
II.2.2	Mesure en continu sur site	9
II.2.3	Stations fixes de MADININAIR.....	9
III.	MATERIELS ET METHODE	10
III.1.	TUBES PASSIFS NO ₂	10
III.1.1	Prélèvement	10
III.1.2	Analyse	11
III.2.	CAMION LABORATOIRE ET STATIONS FIXES.....	11
III.2.1	Prélèvement	11
III.2.2	Analyse	12
IV.	DONNEES METEOROLOGIQUES.....	13
IV.1.	CAMPAGNES PAR TUBES PASSIFS	13
IV.2.	CAMPAGNE PAR CAMION LABORATOIRE	14
V.	RESULTATS TUBES PASSIFS NO₂.....	15
V.1.	FIABILITE DE LA METHODE	15
V.2.	RESULTATS DES CAMPAGNES	16
V.2.1	Répartition temporelle	17
V.2.2	Répartition spatiale.....	17
V.3.	RESPECT DES NORMES EN VIGUEUR	17
V.3.1	Comparaison avec la valeur limite	17
V.3.2	Comparaison avec l'objectif de qualité	18
V.4.	CONCLUSION.....	18
VI.	RESULTATS CAMION LABORATOIRE	19
V.5.	LE DIOXYDE DE SOUFRE SO ₂	19
V.5.1	Evolution horaire	19
V.5.2	Evolution journalière	19
V.5.3	Profil journalier.....	20
V.5.4	Conclusion	20
V.6.	LES OXYDES D'AZOTES : NO _x ET NO ₂	21
V.6.1	Evolution horaire	21
V.6.2	Evolution journalière	22
V.6.3	Profil journalier.....	23
V.6.4	Conclusion	24
V.7.	LES POUSSIERES PM10	25
V.7.1	Evolution horaire	25
V.7.2	Evolution journalière	25
V.7.3	Profil journalier.....	26
V.7.4	Conclusion	27
VII.	CONCLUSION	28
VIII.	ANNEXES	29



I. PRESENTATION DE L'ETUDE

L'Association Régionale de surveillance de la qualité de l'air en Martinique MADININAIR dispose actuellement de 8 stations de mesure dispersées stratégiquement sur l'agglomération de Fort de France, objectif premier de couverture du département en tant que zone de plus de 100 000 habitants. Ces stations sont donc dispersées entre Fort de France, Le Lamentin et Schoelcher et mesurent en continu divers polluants : le dioxyde de soufre SO₂, les oxydes d'azote NO_x, le monoxyde de carbone CO, l'ozone O₃, les particules PM10 (inférieures à 10 microns), les particules fines PM2,5 (inférieures à 2,5 microns) et le benzène.

Mais les missions de l'association sont également de pouvoir répondre à des demandes plus spécifiques et ponctuelles concernant l'étude de la qualité de l'air sur différentes zones où aucune mesure en continu n'est réalisée.

Depuis quelques années, Sainte-Anne est une commune qui subit un développement important, aussi bien dans l'aménagement de ses infrastructures (pistes cyclables, ...), que dans l'accroissement de ses constructions immobilières. C'est l'une des plus importantes communes touristiques de la Martinique, et est de ce fait, de plus en plus fréquentée par les vacanciers.

Le but de cette étude, en collaboration avec la Police de l'Environnement de la commune de Sainte-Anne, est donc d'évaluer la quantité de dioxyde d'azote NO₂ présente sur différents sites de Sainte-Anne, durant deux périodes différentes :

- Une période scolaire (d'avril à mai) où la commune est peu fréquentée en semaine
- Une période de vacances (de juillet à août) où elle voit sa population estivale doublée

Et ainsi de comparer les concentrations relevées avec les mesures des stations fixes présentes sur le territoire, et de confronter les résultats obtenus avec les normes en vigueur. Cette étude nous permettra alors d'établir une cartographie de la dispersion, sur cette zone, du NO₂, issu du trafic automobile.

Le deuxième objectif de cette étude est d'évaluer l'évolution horaire des concentrations en NO₂, SO₂ et PM10, polluants réglementaires, durant ces deux périodes de mesure. Pour cela, le camion laboratoire sera implanté dans le bourg de Sainte-Anne et mesurera en continu et en temps réel les fluctuations horaires des polluants sur ce site urbain.



II. CONTEXTE DE D'ETUDE

II.1. Les polluants mesurés

II.1.1 Le dioxyde de soufre (SO₂)

II.1.1.1 Origine et sources



Le dioxyde de soufre provient principalement de la combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls, gazole, ...), au cours de laquelle les impuretés soufrées contenues dans les combustibles sont oxydées par l'oxygène de l'air en dioxyde de soufre SO₂.

Les principales sources émettrices de SO₂ sont les centrales thermiques et les grosses installations industrielles de combustion de produits pétroliers.

Depuis 15 ans, d'une manière générale en France, les émissions en SO₂ sont en diminution, du fait des mesures techniques et réglementaires qui ont été prises, de la baisse de la consommation des fiouls et charbons soufrés et de l'importance prise par l'énergie nucléaire.

II.1.1.2 Réglementation et Norme

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme (µg/m ³)
Horaire (santé)	Valeur Limite horaire (décret 2002-213 du 15/02/02)	350 (24 dépassements autorisés)
	Seuil d'information et de recommandation (AP 051784 du 14/06/05)	300
	Seuil d'alerte (AP 051784 du 14/06/05)	500 (3 h consécutives)
	Valeur OMS 2005	500 (sur 10 minutes)
Journalier (santé)	Valeur Limite journalière (décret 2002-213 du 15/02/02)	125 (3 dépassements autorisés)
	Valeur OMS 1996	125
	Valeur OMS 2005	20
Année (santé)	Valeur Limite annuelle (décret 2002-213 du 15/02/02)	50
Année (écosystème)	Niveau critique pour la protection de la végétation	20 (moyenne hivernale du 01/10 au 31/03)
Seuil d'évaluation Santé (journalier)	Seuil supérieur	75 (3 dépassements autorisés)
	Seuil inférieur	50 (3 dépassements autorisés)
Seuil d'évaluation de la végétation (annuel)	Seuil supérieur	12
	Seuil inférieur	8

Tableau II.1 : Normes du dioxyde de soufre



II.1.1.3 Effet sur la santé

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant qui agit souvent en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Il provoque une altération de la fonction respiratoire chez les personnes sensibles (asthmatiques, enfants, personnes âgées, ...) et une exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire, ...).

De plus, des études épidémiologiques récentes ont montré qu'une augmentation de la concentration en SO_2 s'accompagne d'une hausse du taux de mortalité cardio-vasculaire.

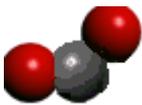
Comme tous les polluants, ces effets sont amplifiés par le tabagisme.

II.1.1.4 Effet sur l'environnement

Dans l'atmosphère, le dioxyde de soufre se transforme principalement en acide sulfurique, qui se dépose au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification et à l'appauvrissement des milieux naturels. Il participe aussi à la détérioration des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments (pierre, métaux).

II.1.2 Le dioxyde d'azote (NO_2)

II.1.2.1 Origine et sources



Les oxydes d'azote (NO_x) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le monoxyde d'azote (NO) est issu de la réaction de l'azote et de l'oxygène de l'air qui a lieu à haute température dans les moteurs et les installations de combustion. Le dioxyde d'azote (NO_2) est immédiatement formé lorsque le NO entre au contact de l'air.

Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion (centrale thermique, incinérateur, raffinerie, ...).

Le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions de NO_2 des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de l'augmentation forte du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile.

**II.1.2.2 Réglementation et Norme**

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme (µg/m ³)
Horaire (santé)	Valeur Limite horaire (décret 2002-213 du 15/02/02)	Valeurs 2008 : 220 (18 dépassements autorisés) 200 (175 dépassements autorisés) Valeur Objectif 2010 : 200 (18 dépassements autorisés)
	Seuil d'information et de recommandation (AP051784 du 14/06/05)	200
	Seuil d'alerte (AP 051784 du 14/06/05) Valeur OMS 2005	400 200
Année (santé)	Valeur Limite annuelle (décret 2002-213 du 15/02/02)	Valeur 2008 : 44 Valeur Objectif 2010 : 40
	Valeur OMS 2005	40
Année (écosystème) Valeurs en NOX	Valeur Limite annuelle (décret 2002-213 du 15/02/02)	30
	Valeur OMS 2005 Niveau critique pour la protection de la végétation	30
Seuil d'évaluation NO2 Santé (horaire)	Seuil supérieur	140 (18 dépassements autorisés)
	Seuil inférieur	100 (18 dépassements autorisés)
Seuil d'évaluation NO2 Santé (annuel)	Seuil supérieur	32
	Seuil inférieur	26
Seuil d'évaluation NOX Végétation (annuel)	Seuil supérieur	24
	Seuil inférieur	19,5

Tableau II.2 : Normes du dioxyde d'azote.

II.1.2.3 Effet sur la santé

Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les fines ramifications des voies respiratoires.

- Les études sur les populations humaines indiquent que l'exposition à long terme au NO₂, aux niveaux actuellement observés en Europe, peut réduire la fonction pulmonaire et accroître le risque de symptômes respiratoires tels que la bronchite aiguë, la toux et les glaires
- Les personnes asthmatiques et les enfants en général sont considérés comme étant plus vulnérables à l'exposition au NO₂
- Plusieurs études ont démontré que l'exposition au NO₂ augmente les réactions allergiques aux pollens inhalés

II.1.2.4 Effet sur l'environnement

Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification des milieux naturels. Le NO₂ participe ainsi aux phénomènes de pluies acides.



- Effets sur les végétaux : les effets négatifs des oxydes d'azote sur les végétaux sont la réduction de la croissance, de la production et de la résistance aux pesticides.
- Effets sur les matériaux : les oxydes d'azote accroissent les phénomènes de corrosion.

Le NO₂ est également un précurseur de l'ozone (O₃) qui est, en basse altitude, un composé néfaste pour la santé humaine et l'environnement.

II.1.3 Les poussières (PM10)

II.1.3.1 Origine et sources



Ce sont les poussières dont le diamètre est inférieur à 10 µm et qui restent en suspension dans l'air. Les particules ou poussières en suspension liées à l'activité humaine proviennent majoritairement **de la combustion des combustibles fossiles, du transport automobile (gaz d'échappement, usure, frottements...) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, cimenteries...)**. Leur taille et leur composition sont très variables.

A cette part, il convient de rajouter les particules provenant de sources naturelles, telles que celles issues **des brumes de sable sahariennes**. Il est à noter que la Martinique est particulièrement concernée par ces brumes de sable, plus présentes lors de la saison sèche (Mars à Juillet) mais possible parfois sur d'autres périodes de l'année.

II.1.3.2 Réglementation et Norme

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme (µg/m ³)
Journalier (santé)	Valeur Limite journalière (décret 2002-213 du 15/02/02)	50 (35 dépassements autorisés) (7 dépassements en 2010)
	Seuil d'information et de recommandation (AP 051784 du 14/06/05)	80 (moyenne glissante)
	Seuil d'alerte (AP 051784 du 14/06/05)	125 (moyenne glissante)
	Valeur OMS 2005	50
Année (santé)	Valeur Limite annuelle (décret 2002-213 du 15/02/02)	40 (20 en 2010)
	Objectif de qualité annuel (décret 2002-213 du 15/02/02)	30
	Valeur OMS 2005	20
Seuil d'évaluation Santé (journalier)	Seuil supérieur	35 (35 dépassements autorisés)
	Seuil inférieur	25 (35 dépassements autorisés)
Seuil d'évaluation Santé (annuel)	Seuil supérieur	28
	Seuil inférieur	20

Tableau II.3 : Normes des PM10.



II.1.3.3 Effet sur la santé

Les plus grosses particules sont retenues par les voies respiratoires supérieures. Elles sont donc moins nocives pour la santé que **les particules plus fines** (2,5 µm de diamètre) qui pénètrent plus profondément dans l'organisme ; elles irritent alors les voies respiratoires inférieures et **altèrent la fonction respiratoire** dans l'ensemble. Certaines, selon leur nature, ont également des **propriétés mutagènes et cancérigènes**.

II.1.3.4 Effet sur l'environnement

Les poussières présentes dans l'atmosphère vont absorber les rayons du soleil. Ces rayonnements lumineux ne pourront donc pas atteindre le sol, responsable d'une diminution de la température de la terre.

Les effets des poussières sur l'environnement sont très diverses et très complexes, à l'origine de nombreuses études à l'heure actuelle.

II.2. Campagnes de mesure

II.2.1 Mesure ponctuelle sur site

Dans le but de fournir une étendue de la dispersion en NO₂ sur la commune de Saint-Anne, une étude par tubes passifs a été mise en place sur la période d'avril à août 2008.

Plusieurs séries de mesures sur les 45 sites choisis ont été réalisées (Annexe 1), chaque prélèvement durant 2 semaines et cela 4 fois de suite (Tableau II.4). Ces 8 semaines de prélèvement équivalent à 14% du temps de l'année, temps nécessaire à une représentativité annuelle. Dans le même but, cette commune étant plus fréquentée durant les vacances car dotée de nombreuses plages touristiques, deux périodes ont été choisies :

- Une période scolaire d'avril à mai
- Une période de vacances de juillet à août

Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4
Du 21/04/2008 au 05/05/2008	Du 05/05/2008 au 19/05/2008	Du 15/07/2008 au 29/07/2008	Du 29/07/2008 au 12/08/2008

Tableau II.4 : Période des différentes campagnes de mesure.



II.2.2 Mesure en continu sur site

Dans le but d'évaluer l'évolution horaire et journalière des concentrations en polluants (SO₂, NO₂ et PM₁₀), une étude par camion laboratoire a été réalisée sur la commune de Sainte-Anne durant le mois de juillet à septembre. Celui-ci a été disposé dans le bourg de Sainte-Anne, proche du parking du centre ville, du 22/07/2008 au 17/09/2008.



II.2.3 Stations fixes de MADININAIR

Dans le but de comparer les données obtenues aux mesures en poste fixe de MADININAIR, les données de 8 stations peuvent être utilisées :

- Stations urbaines : Musée d'Histoire (SO₂, NO_x, PM₁₀, O₃), Bishop (NO_x, PM₁₀), Lamentin et Schoelcher (NO_x, PM₁₀)
- Station Trafic de Dillon (NO_x, PM₁₀, CO), Concorde (NO_x)
- Station périurbaine de Lycée (NO_x, O₃)
- Station d'Etang Z'abricot (SO₂)



STATION URBAINE MUSEE



STATION URBAINE LAMENTIN



STATION TRAFIC DE DILLON

Figure II.1 : Exemples de quelques stations fixes de MADININAIR.



III. MATERIELS ET METHODE

III.1. Tubes passifs NO₂

III.1.1 Prélèvement



La méthode de prélèvement du NO₂ est celle des tubes passifs. Cette méthode a été proposée par Palmes et coll. en 1976 et est utilisée depuis vingt ans pour des campagnes de mesure de ce type après avoir été mise au point par le centre technique d'ISPRA (Italie), un organisme travaillant sur les normes européennes de mesure.



La méthode consiste à utiliser des petits tubes en polypropylène de 7,5 centimètres de long qui seront placés à 2,5 ou 3 mètres de haut sur les sites choisis, cette hauteur limitant le vandalisme mais restant représentative de l'air respirable. L'installation des tubes se fait de manière simple, en les fixant sur des supports de bois qui permettent que le tube ne soit pas collé à la surface de son support.

Ces tubes sont préparés selon une méthode spécifique. Des petites grilles d'acier imprégnées d'un réactif chimique fixant le dioxyde d'azote : le triéthanolamine (TEA) sont placées au fond des tubes. La grille est ensuite fixée à l'extrémité du tube à l'aide d'un bouchon plastique étanche. Le même type de bouchon sera utilisé pour fermer l'autre extrémité et sera retiré au moment du prélèvement.

Le tube sera laissé ouvert pendant une période de 15 jours, puis remplacé par un autre. On notera toutes les indications pouvant être utiles (fissures du tube, présence de toiles d'araignées dans le tube, vol du tube ...).



III.1.2 Analyse

L'analyse permettra de déterminer la concentration de NO₂ adsorbée durant la période d'exposition.

Le dioxyde d'azote est mesuré par spectrophotométrie selon la méthode de Griess et Saltzman modifiée par Atkins (1986). Il s'agit de rajouter dans les tubes possédant encore la grille un réactif de coloration avec lequel le NO₂ réagira pour former un colorant rose -pourpre stable. Après un développement de la coloration pendant environ 30 minutes en chambre froide, on mesurera l'absorbance des solutions obtenues que l'on comparera avec une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution étalon.

La concentration en NO₂ en µg/m³ est calculée en tenant compte du temps d'exposition du tube en heure et du débit de diffusion à l'intérieur du tube.

III.2. Camion laboratoire et stations fixes

III.2.1 Prélèvement

- Tête de prélèvement des NO_x et SO₂ :



La méthode de prélèvement utilisée au niveau des stations et du camion laboratoire est la méthode par voie active. L'air est aspiré à l'aide d'une pompe à travers une tête de prélèvement puis analysé en continu par l'appareil de mesure d'un polluant spécifique.

Le dispositif de prélèvement est formé d'une canne de prélèvement et d'un tube reliant celle-ci à l'analyseur. La tête de prélèvement située à l'extrémité de la canne est en forme de cône criblé à sa base. Seul l'air pompé passe à travers les cribles, les grosses particules sont stoppées par le diamètre trop étroit des trous, permettant ainsi d'éviter l'occlusion du tube de prélèvement.

- Tête de prélèvement des PM₁₀ :



La tête de prélèvement PM₁₀ permet un échantillonnage représentatif des fractions de poussières pouvant pénétrer dans le système respiratoire des bronches supérieures. Elle sépare les poussières selon leur granulométrie et ne sélectionne que les particules de diamètre inférieures à 10µm (PM₁₀).



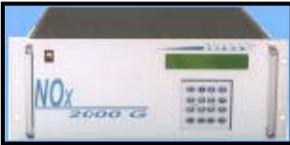
III.2.2 Analyse

- L'analyseur SO_2 :



Le prélèvement s'effectue par une tête de prélèvement qui récupère l'air extérieur. Celui-ci arrive ensuite dans un analyseur de Fluorescence U.V. permettant l'analyse du SO_2 en temps réel.

- L'analyseur NO_x :



L'analyse est réalisée à l'aide d'un appareil de mesure en continu, par chimioluminescence. Il nous fournit ainsi une concentration en temps réel en dioxyde d'azote (NO_2), monoxyde d'azote (NO) et en oxyde d'azote (NO_x).

- L'analyseur PM_{10} :



L'analyseur PM_{10} mesure à température ambiante, la masse de particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns. Dans le cœur de l'appareil, la technique utilisée est une microbalance à élément oscillant (TEOM), qui permet une mesure directe et en temps réel de la masse de particules collectées sur un filtre.



IV. DONNEES METEOROLOGIQUES

IV.1. Campagnes par tubes passifs

Les conditions climatiques sont les paramètres les plus importants dans la dispersion des polluants atmosphériques. Il faut donc en tenir compte lorsque l'on compare les données des différentes campagnes (Tableau IV.1).

Paramètres	Température moyenne (°C)	Présence de pluie	Vitesse moyenne du vent (m/s)	Présence de brume de sable	Episodes particuliers
Campagne 1 21/04/2008 au 05/05/2008	27	Temps très ensoleillé sauf pluie le 04/05	2,6	Légère Brume de sable jusqu'au 02/05	1 jour férié
Campagne 2 05/05/2008 au 19/05/2008	28	Temps très ensoleillé	3,2	Importante brume de sable du 06/05 au 11/05	2 jours fériés
Campagne 3 15/07/2008 au 29/07/2008	28	Temps beau à mitigé avec pluie importante le 17/07	2,9	Non	Vacances scolaires
Campagne 4 29/07/2008 au 12/08/2008	29	Temps beau à mitigé avec une onde tropicale le 30 et 31/07	2,5	Légère le 03, 06 et 09/08	Vacances scolaires

Tableau IV.1 : Conditions météorologiques durant les 4 campagnes de mesure.

- **La température** ne jouera pas un rôle important sur la variation des concentrations en polluant puisqu'elle reste relativement constante durant les quatre campagnes.
- **Les brumes de sable** n'interviendront pas dans la dispersion du NO₂.
- **La pluie**, par contre, jouera un rôle de lixiviation de l'atmosphère. On pourra donc s'attendre à des concentrations plus faibles en NO₂ les jours de pluies.
- **Le vent** est le principal acteur de la dispersion des polluants :
 - **La vitesse du vent** varie sur la période de mesure de 2,5 à 3,2m/s et est moyennée aux alentours de 2,8 m/s.
 - **La direction des vents** est généralement de secteur EST à SUD-EST dans la commune de Sainte-Anne.

Remarque : Pour la période des deux premières campagnes, ces données météorologiques sont issues de la station météo de « Lycée Schœlcher » de Fort-de-France. Les données de Sainte-Anne seront donc susceptibles de différer légèrement. La commune de Sainte-Anne, située dans le Sud de la Martinique, est plus sèche et chaude, les pluies y sont moins fréquentes. Les données des deux dernières proviennent de la station météo du camion laboratoire implantée sur le site de Sainte-Anne.



IV.2. Campagne par camion laboratoire

Le camion laboratoire est équipé d'un thermomètre et d'une girouette permettant la mesure de la température, de la direction et de la vitesse du vent. Ces données nous permettent d'établir une rose des vents sur la période de mesure.

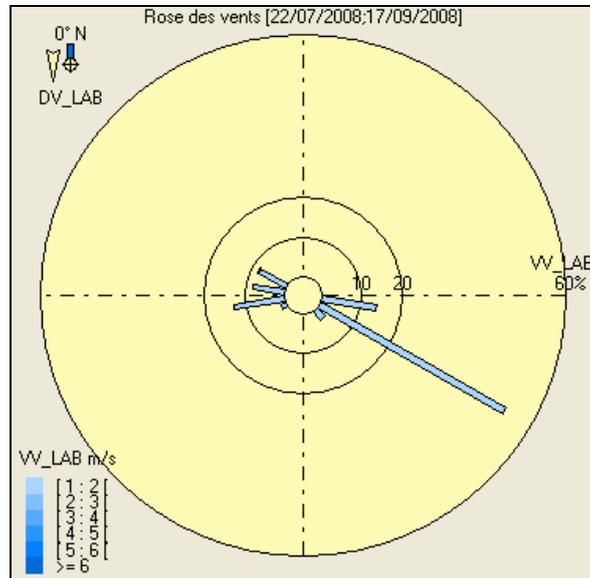


Figure IV.1 : Rose des vents de Sainte-Anne sur la période du 22/07/2008 au 17/09/2008.

Les vents mesurés sur la commune de Sainte-Anne durant la période de prélèvement sont principalement de secteur Est Sud-est. Cependant, les vents peuvent tourner sur ce site de mesure et être orientés de secteur Ouest.



V. RESULTATS TUBES PASSIFS NO2

V.1. Fiabilité de la méthode

- Des tubes « blancs » ont été placés sur le site de mesure. Les valeurs obtenues lors des 4 campagnes ont été soustraites aux résultats de chaque campagne.

Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4
0,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Des tubes « doubles » ont été implantés sur certains sites de mesure permettant une répétabilité des résultats. Ces tubes sont donc censés donner des résultats identiques. On calcule donc les écarts (Ec) (Tableau V.1) entre ces deux doublets. Celui-ci est compris entre 0 et 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui reste satisfaisant pour conclure à une bonne répétabilité des analyses.

Site d'échantillonnage	A	B	Ec
26 et D Campagne1	5,6	5,3	0,3
26 et D Campagne2	5,3	4,1	1,2
26 et D Campagne3	1,8	0,5	1,3
26 et D Campagne4	4,7	4,2	0,5
33 et D Campagne1	1,7	1,3	1,4
33 et D Campagne2	2,5	-	-
33 et D Campagne3	0	1,5	1,5
33 et D Campagne4	0,7	0,7	0

Tableau V.1 : Ecart des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre les 2 doublets durant les campagnes de mesure 1, 2, 3 et 4.

Ces différents tests nous garantissent la fiabilité de la méthode utilisée.



V.2. Résultats des campagnes

N° tubes	Campagnes de mesure				Moyenne des campagnes (µg/m ³)	N° tubes	Campagnes de mesure				Moyenne des campagnes (µg/m ³)
	1	2	3	4			1	2	3	4	
1	2,2	0,8	1,8	1,5	1,6	25	1,1	0,0	1,9	3,8	1,7
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26	4,1	3,8	1,8	4,7	3,6
3	4,4	3,1	5,0	6,2	4,7	27	1,9	1,5	1,5	2,3	1,8
4	12,2	9,0	6,5	8,5	9,1	28	2,2	1,1	1,7	4,2	2,3
5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,4	29	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	30	2,1	0,9	1,4	2,8	1,8
7	5,9	5,1	4,9	6,8	5,7	31	2,8	1,3	3,0	3,9	2,7
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32	2,1	0,0	4,1	4,2	2,6
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33	0,2	1,0	0,0	1,5	0,7
10	0,0	0,0	2,9	4,5	1,8	34	0,0	0,0	0,0	1,5	0,4
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35	1,6	0,0	0,0	0,0	0,4
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	5,5	3,3	2,9	3,8	3,9	37	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	1,7	2,4	4,1	6,4	3,6	40	0,5	0,0	0,5	0,8	0,4
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45	1,6	0,0	0,0	0,0	0,4
22	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	26D	4,0	2,9	0,5	4,2	2,9
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33D	0,1	0,0	0,7	0,7	0,4
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

Tableau V.2 : Concentrations (µg/m³) en NO₂ mesurées aux différents points de prélèvement sur la commune de Sainte-Anne.

Pour permettre une bonne représentativité annuelle de la dispersion du NO₂ dans la commune de Sainte-Anne, deux périodes ont été choisies :

- Une période scolaire, où la commune est peu fréquentée par les vacanciers
- Une période de vacances scolaires où la commune voit sa population doublée voire triplée par les touristes et martiniquais en vacances.

De ce fait, l'Annexe 2 représente la dispersion de la concentration moyenne des 4 campagnes de mesure, et est donc représentative de la dispersion du NO₂ sur l'année 2008, à Sainte-Anne.



V.2.1 Répartition temporelle

Les concentrations mesurées lors des vacances scolaires (Campagnes 3 et 4) semblent être légèrement plus importantes que lors de la période d'activité (Campagnes 1 et 2), mais toutes ces concentrations sont néanmoins très faibles.

V.2.2 Répartition spatiale

Les concentrations les plus élevées sont mesurées sur la D9, la D9a et à l'intersection en direction du Cap Chevalier. Cette route départementale est le seul accès aux plages et au bourg de Saint-Anne. Dès qu'on s'en éloigne, le NO₂ se disperse rapidement et les concentrations mesurées deviennent très faibles à nulles. Néanmoins, toutes les concentrations restent très faibles.

V.3. Respect des Normes en vigueur

Pour extrapoler sur les moyennes annuelles et sur les dépassements éventuels des valeurs seuils, il faut voir si les moyennes mesurées durant la période sur les stations fixes sont représentatives de la moyenne annuelle.

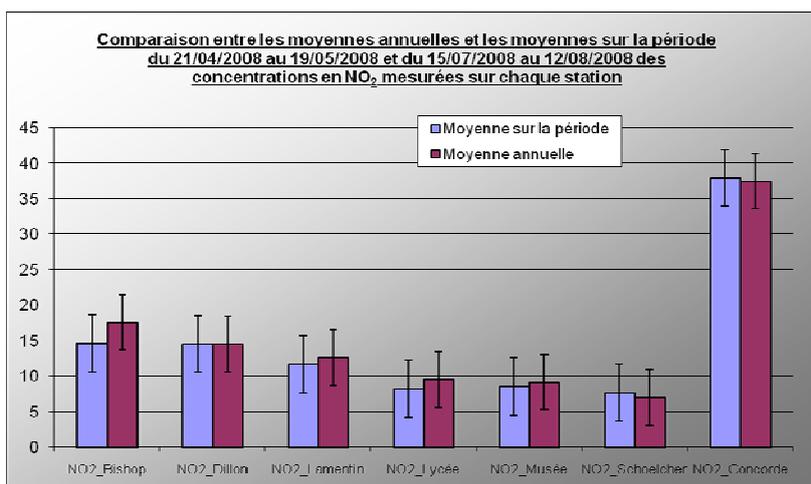


Figure V.1 : Comparaison entre les concentrations en NO₂ moyennées sur la période de mesure et moyennées sur l'année, mesurées dans les différentes stations fixes.

Ce graphique (Figure V.1) représente la comparaison entre les concentrations moyennes mesurées sur la période d'étude et les concentrations moyennes annuelles obtenues pour chaque station fixe. Les concentrations moyennes mesurées pendant l'étude sont équivalentes, sur l'ensemble des stations urbaines (Bishop, Lamentin, musée d'histoire), la station trafic (Dillon, Concorde) et la station périurbaines (Lycée) aux moyennes annuelles. Ceci nous permet d'estimer que les concentrations en NO₂, de ces 4 campagnes, aux différents points de mesure sont donc représentatives de l'année.

V.3.1 Comparaison avec la valeur limite

La valeur limite a pour objet de contribuer spécifiquement à la protection des êtres humains contre les effets du NO₂. Elle est exprimée par le percentile 98 des données horaires sur une année de mesure. Le percentile 98 (P98) est une valeur statistique réglementée traduisant la notion de pointe en matière de pollution, c'est la valeur qui ne doit pas être dépassée plus de 2% du temps dans l'année (soit 175 heures).



Les données fournies par les tubes ne donnent qu'une valeur moyenne de la concentration en NO₂ qui est seulement intégrée sur la période d'exposition.

Nous proposons de comparer les mesures obtenues par échantillonneurs passifs avec cette valeur limite. Les travaux de Kuhner nous permettent de corréler ces valeurs, le P98 étant relié à la moyenne annuelle par un facteur généralement compris entre 2,3 et 3,5.

Pour vérifier cette hypothèse, le ratio P98/moyenne annuelle est calculé sur les stations de l'agglomération de Fort-de-France/ Lamentin/ Schoelcher sur l'année 2008 (Tableau V.3).

	NO2_Bishop	NO2_Dillon	NO2_Lamentin	NO2_Lycée	NO2_Musée	NO2_Schoelcher	NO2_Concorde
P98/moyenne	2,64	2,27	3,02	3,30	3,17	3,24	2,00

Tableau V.3: Ratio P98/ Moyenne annuelle 2007 pour chaque station fixe.

Le ratio moyen « P98/Moyenne » observé est de **2,81**.

La valeur limite de la directive devient alors sur la période de mesure : $200/2,81 = 71\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les sites dont les valeurs sont supérieures à $71\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont donc susceptibles de dépasser la valeur limite horaire si une mesure y était faite pendant l'année entière.

On constate qu'aucun des points n'atteint cette valeur limite, aucun site ne paraît donc susceptible de dépasser $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ horaire si une mesure y était effectuée toute l'année.

V.3.2 Comparaison avec l'objectif de qualité

L'objectif de qualité est la valeur en NO₂ sous laquelle l'air est défini comme de bonne qualité. Cette valeur est de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ annuelle. La valeur limite annuelle à ne pas dépasser en 2008 est de $44\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'objectif de qualité est respecté sur tous les sites de mesure.

V.4. Conclusion

Les concentrations les plus élevées sont mesurées au niveau de la route départementale D9 et D9a. Au fur et à mesure des intersections, la concentration diminue via la diminution du trafic automobile.

Les concentrations sont légèrement plus élevées lors des vacances scolaires, illustrant l'accroissement de la fréquentation de cette commune du Sud de la Martinique durant les vacances. Néanmoins, Sainte-Anne est une commune située à l'extrémité Sud de la Martinique, ce n'est donc pas une commune de transit mais un point de chute pour les automobilistes.

De plus, Sainte-Anne dispose d'une situation géographique propice à l'instabilité des masses d'air et ainsi à la dispersion des polluants, elle est sujette à un alizé « pur » venant de l'Atlantique, majoritairement présent tout au long de l'année.

Par conséquent, malgré la hausse de la fréquentation, les concentrations mesurées en NO₂ restent faibles et très en dessous des normes en vigueur.



VI. RESULTATS CAMION LABORATOIRE

V.5. Le dioxyde de soufre SO₂

V.5.1 Evolution horaire

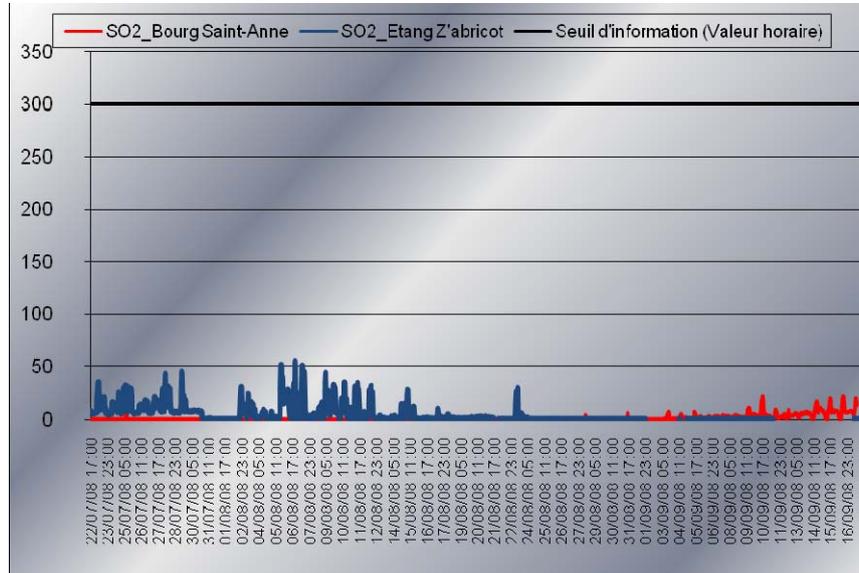


Figure VI.1 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station industrielle d'Etang Z'abricot et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

La Figure VI.1 représente l'évolution horaire des concentrations sur le site du bourg de Sainte-Anne et sur la station fixe de MADININAIR de type industriel. Les concentrations mesurées sur le site industriel sont bien supérieures aux concentrations de Sainte-Anne durant les mois de juillet et août et inférieures durant le mois de septembre.

Les concentrations mesurées respectent, toutefois, les normes. Le seuil d'information de $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ et le seuil d'alerte de $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne sont jamais atteints.

V.5.2 Evolution journalière

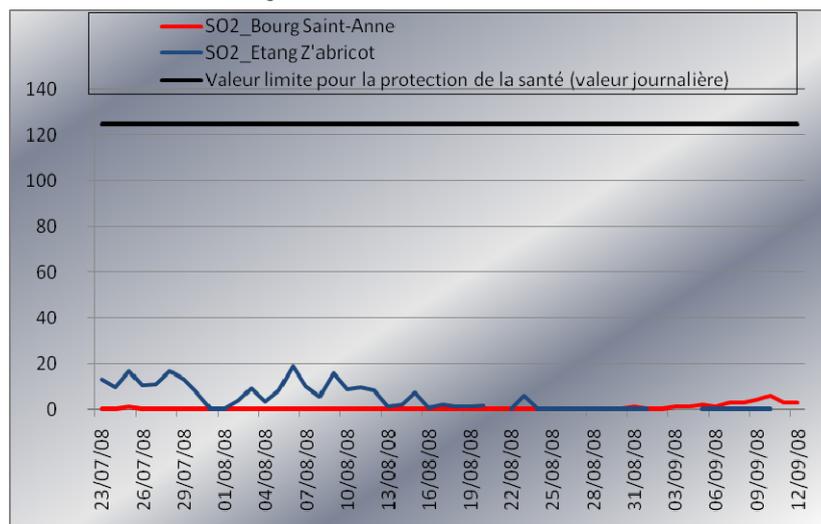


Figure VI.2 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station industrielle d'Etang Z'abricot et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.



La Figure VI.2 représente l'évolution journalière des concentrations en SO₂ sur le site du Bourg de Sainte-Anne et la station industrielle d'Etang Z'abricot. Une légère augmentation de la concentration en SO₂ sur le site de Sainte-Anne est observée à partir de la rentrée scolaire, au début du mois de septembre.

V.5.3 Profil journalier

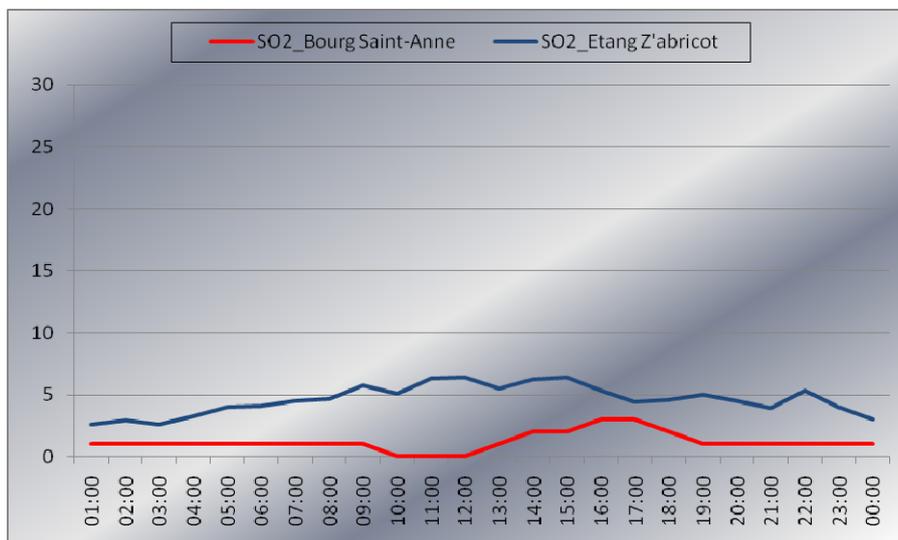


Figure VI.3 : Profil journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station industrielle d'Etang Z'abricot et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

Cette augmentation des concentrations sur le site de Sainte-Anne est observée essentiellement vers 16h00-17h00 (Figure VI.3). La source responsable de cette élévation n'est pas identifiée à l'heure actuelle.

V.5.4 Conclusion

Sites de mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Etang Z'abricot Station industrielle	4,71	55 Le 06/08/08 à 22h00	19 Le 06/08/08
Site Bourg de Sainte-Anne	1,02	22 Le 16/09/08 à 16h00 et 17h00	8 Le 15 et 16/09/08

Tableau VI.1 : Concentration moyenne, concentration maximale horaire et journalière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station d'Etang Z'abricot et le site de Sainte-Anne du 22 juillet 2008 au 17 septembre 2008.

La moyenne en SO₂ sur le site du Bourg de Sainte-Anne sur la période de mesure est de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentration faible correspondant aux concentrations mesurées dans les sites urbains.



V.6. Les oxydes d'azotes : NOx et NO2

V.6.1 Evolution horaire

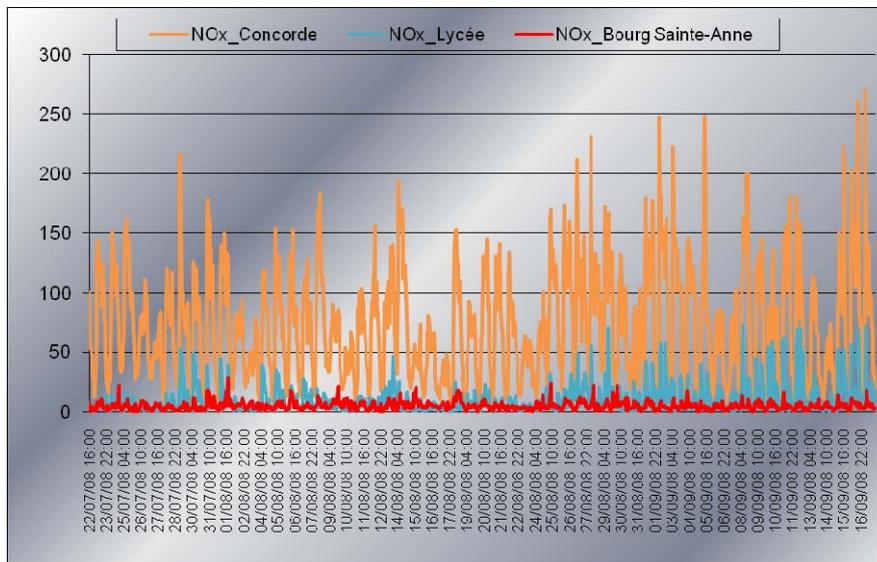


Figure VI.4 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NOx sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

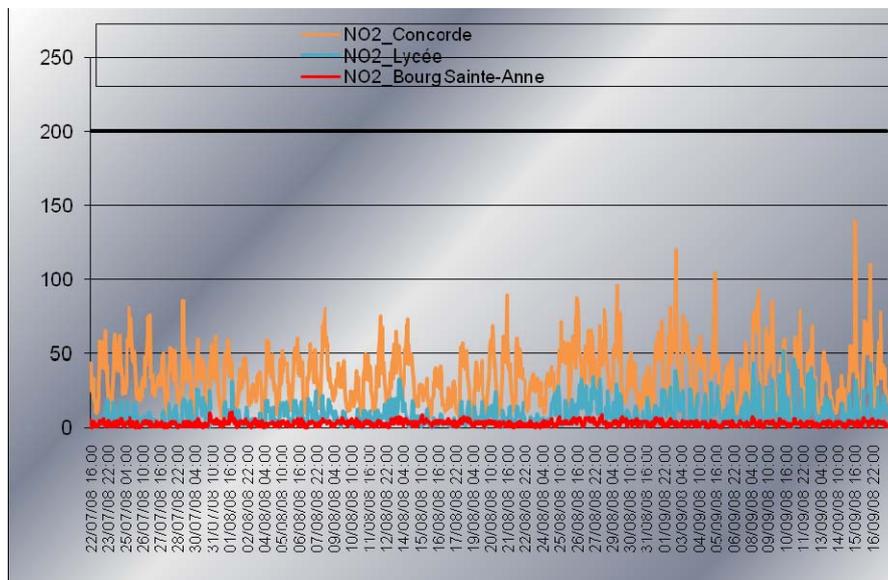


Figure VI.5 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO2 sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

La Figure VI.4 et la Figure VI.5 représentent l'évolution horaire des concentrations en NOx et NO2, respectivement, sur le site du bourg de Sainte-Anne et les stations fixes de MADININAIR. Aucune évolution particulière n'est observée. Les concentrations en NO2 sur le site de Sainte-Anne restent très faibles.



V.6.2 Evolution journalière

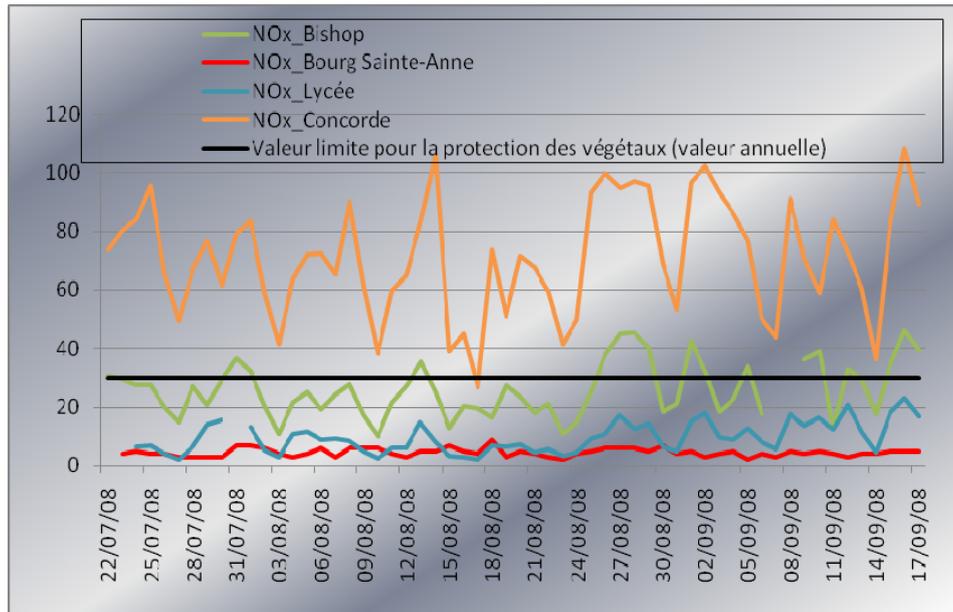


Figure VI.6 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO_x sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée », la station urbaine « Bishop » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

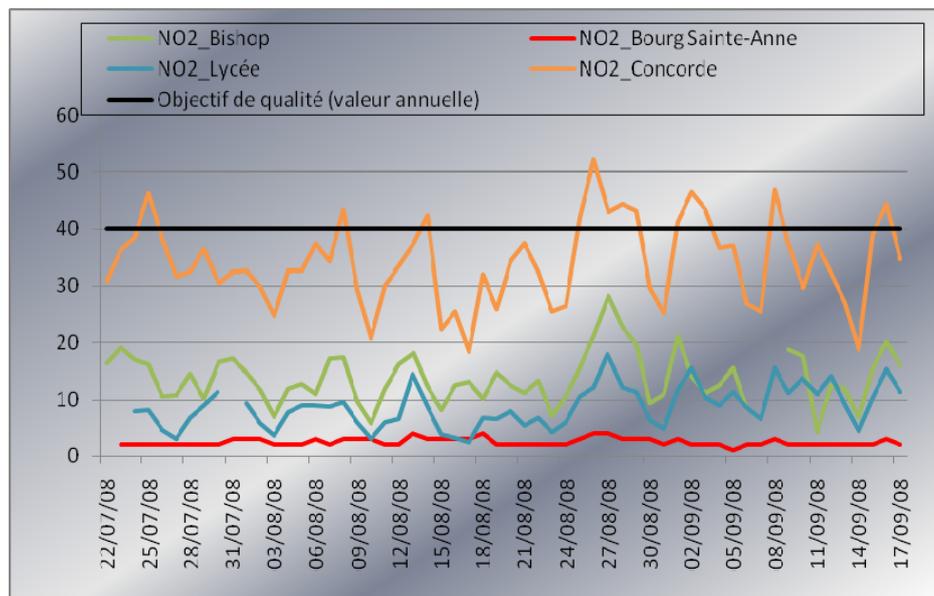


Figure VI.7 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO_2 sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée », la station urbaine « Bishop » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

La Figure VI.6 et la Figure VI.7 représentent l'évolution journalière des concentrations en NO_x et NO_2 sur le site de Sainte-Anne et les stations fixes de MADININAIR du 22 juillet 2008 au 17 septembre 2008. Les concentrations mesurées sur Sainte-Anne sont faibles et constantes.



V.6.3 Profil journalier

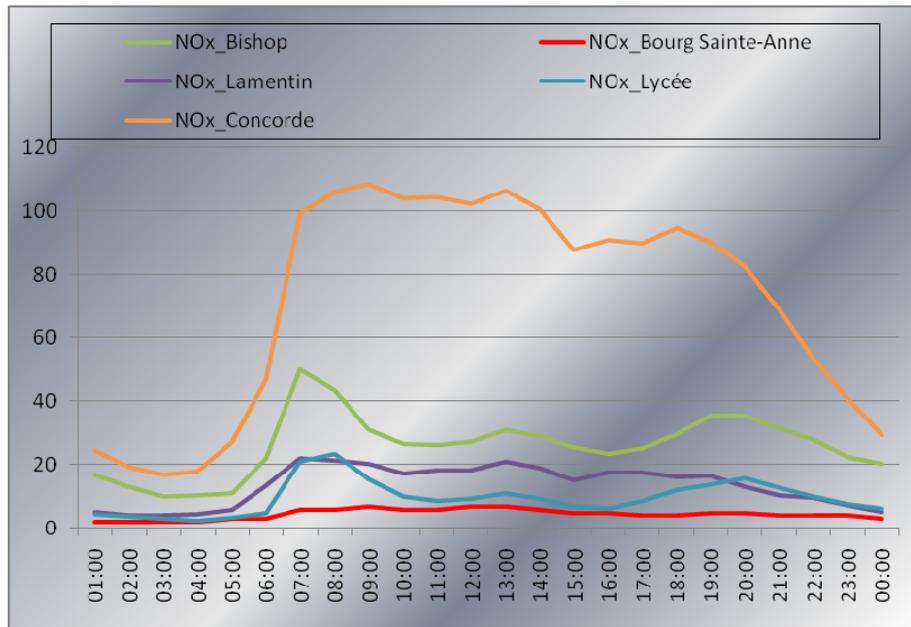


Figure VI.8 : Profil journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NOx sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée », les stations urbaines « Bishop », « Lamentin » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

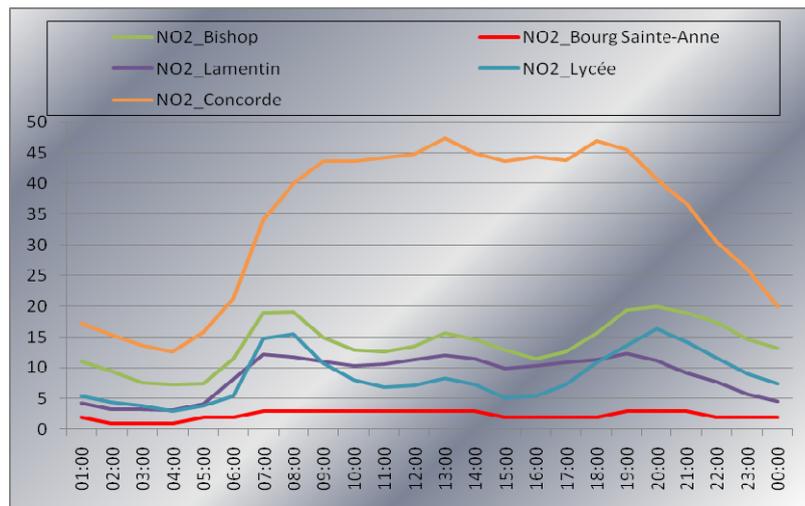


Figure VI.9 : Profil journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO2 sur la station trafic « Concorde », la station périurbaine « Lycée », les stations urbaines « Bishop », « Lamentin » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

Les profils journaliers des concentrations en NOx (Figure VI.8) et NO2 (Figure VI.9) ne montrent aucune évolution particulière.

**V.6.4 Conclusion**

Sites de mesure	NO2			NOx		
	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Concorde Station trafic	52	139 15/09/08 à 17:00	52 26/08/08	71	271 17/09/08 à 7:00	108 16/09/08
Dillon Station trafic	11	40 01/09/08 à 15:00	20 27/08/08	37	142 28/08/08 à 8:00	58 01/09/08
Lycée Station périurbaine	9	52 10/09/08 à 13:00	18 27/08/08	10	71 08/09/08	23 16/09/08
Bishop Station urbaine	14	62 16/09/08 à 19:00	28 27/08/08	26	170 16/09/08 à 19:00	46 16/09/08
Musée Station urbaine	10	49 27/08/08 à 19:00	28 27/08/08	10	110 02/09/08 à 7:00	32 02/09/08
Schœlcher Station urbaine	6	94 01/09/08 à 12:00	20 16/09/08	8	107 01/09/08 à 12:00	33 16/09/08
Lamentin Station urbaine	9	52 08/08/08 à 13:00	16 23/07/08	13	96 27/08/08 à 13:00	27 28/08/08
Site Bourg de Sainte-Anne	2	10 01/08/08 à 20:00	4 13-18-26-27/08/08	5	28 01/08/08 à 20:00	9 18/08/08

Tableau VI.2 : Concentration moyenne, concentration maximale horaire et journalière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NOx et NO2 sur les stations fixes de MADININAIR et le site de Sainte-Anne du 22 juillet 2008 au 17 septembre 2008.

La concentration moyenne sur le site Sainte-Anne reste très inférieure aux concentrations des stations fixes (Tableau VI.2). Les vents généralement Sud-est sur la commune de Sainte-Anne sont des vents provenant directement de l'Atlantique (Figure IV.1). Les polluants proviennent essentiellement de l'ouest, vents peu présents sur ce site (Figure VI.10).

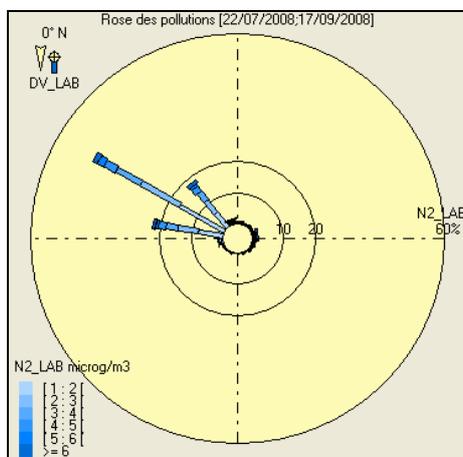


Figure VI.10 : Rose de pollution en NO2 sur le site de Sainte-Anne du 22/07/2008 au 17/09/2008.



V.7. Les poussières PM10

V.7.1 Evolution horaire

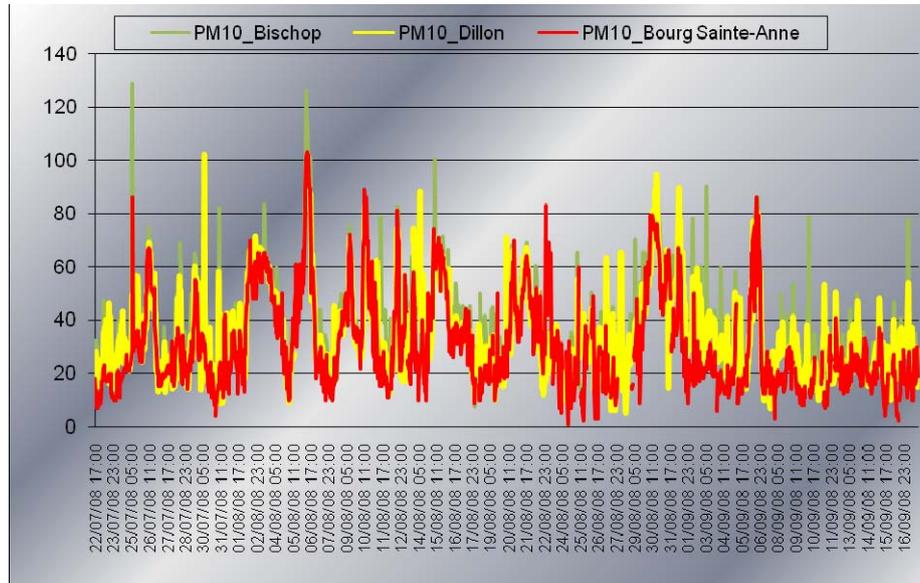


Figure VI.11 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur la station trafic « Dillon », la station urbaine « Bishop » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

La Figure VI.11 représente l'évolution horaire des concentrations en PM10 sur le site de Sainte-Anne ainsi que sur deux stations fixes de MADININAIR. Une évolution similaire est observée entre les différents sites avec des pics communs le 06/08/2008 à 10:00, le 30/08/2008 à 9:00 et le 06/09/2008 à 18:00.

V.7.2 Evolution journalière

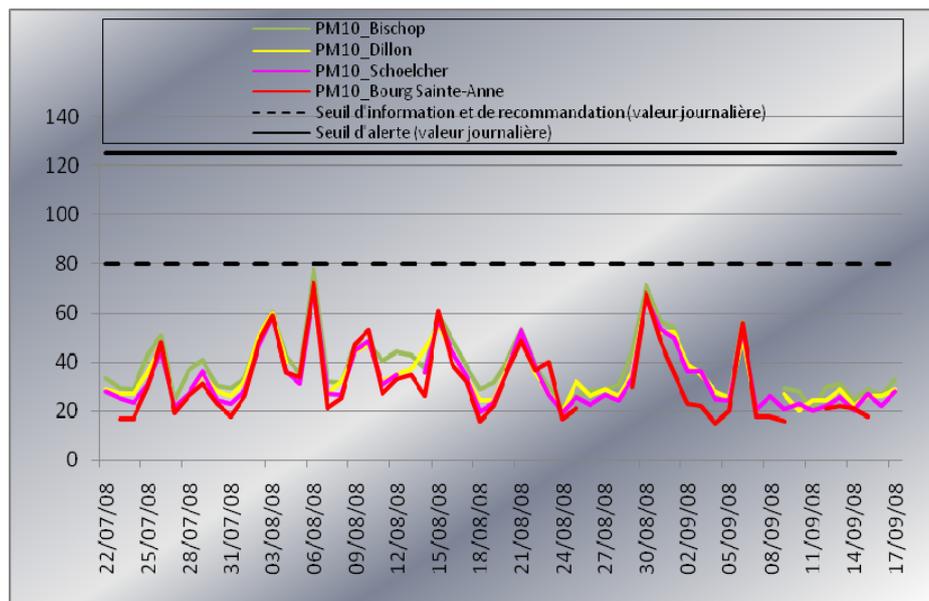


Figure VI.12 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur la station trafic « Dillon », les stations urbaines « Bishop » et « Schœlcher » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.



La Figure VI.12 illustre l'évolution journalière des concentrations en PM10 sur le site de Sainte-Anne et sur les stations fixes. Les pics communs observés entre les différentes stations correspondent à des épisodes régionaux : les brumes de sable sahariennes. A l'exception de ces pics, les concentrations mesurées sur le site de Sainte-Anne semblent être inférieures aux concentrations des stations fixes.

V.7.3 Profil journalier

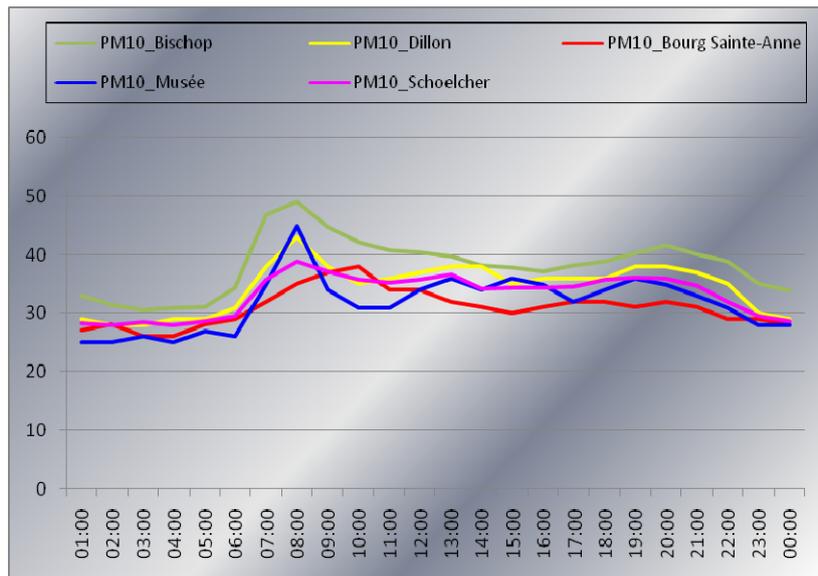


Figure VI.13 : Profil journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur la station trafic « Dillon », les stations urbaines « Bishop », « Musée » et « Schœlcher » et le site du bourg de Sainte-Anne du 22 juillet au 17 septembre 2008.

La Figure VI.13 représente le profil journalier des concentrations en PM10 que le site de Sainte-Anne et les stations fixes de MADININAIR. Les stations fixes ont des profils type du trafic automobile, avec un pic en début de matinée et un en fin de journée correspondant aux heures de pointe. Sur le profil de Sainte-Anne, un pic vers 10h00 est observé rendant compte éventuellement de l'arrivée aux plages des touristes durant la période de vacances scolaires.



V.7.4 Conclusion

Sites de mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dillon Station trafic	34	102 30/07/08 à 8:00	67 30/08/08
Bishop Station urbaine	38	128 25/07/08 à 8:00	78 06/08/08
Musée Station urbaine	32	512 09/08/08 à 08:00	65 13/08/08
Schœlcher Station urbaine	33	102 06/08/08 à 11:00	71 06/08/08
Site Bourg de Sainte-Anne	31	103 06/08/08 à 11:00	72 06/08/08

Tableau VI.3 : Concentration moyenne, concentration maximale horaire et journalière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur les stations fixes de MADININAIR et le site de Sainte-Anne du 22 juillet 2008 au 17 septembre 2008.

La concentration moyenne mesurée sur le site de Sainte-Anne est légèrement inférieure à la concentration des stations fixes. Le pic journalier observé sur Sainte-Anne est commun aux stations urbaines de Fort-de-France et de Schœlcher, traduisant l'influence d'une source régionale sur notre région, un épisode de brume de sable (Tableau VI.3).



VII. CONCLUSION

Ces deux méthodes de mesure ont permis :

- A l'aide des tubes passifs, d'établir une représentation spatiale de la dispersion du NO₂, polluant automobile, dans la commune de Sainte-Anne
- A l'aide du camion laboratoire, d'établir une représentation temporelle du bourg de Sainte-Anne par l'évolution horaire et journalière des concentrations en NO₂, SO₂ et PM₁₀ sur la période de l'étude.

Comme on pouvait s'y attendre, du fait de sa situation géographique, la commune de Sainte-Anne, fortement balayée par des vents d'est, n'enregistre aucune concentration élevée en NO₂. Malgré un trafic automobile pouvant être plus important durant les vacances scolaires, du fait de sa fréquentation touristique, aucune différence significative n'a été observée entre la période scolaire et la période des vacances. Les concentrations en NO₂ restent très faibles et bien en dessous des normes. Ceci est confirmé par l'étude par camion laboratoire qui révèle une concentration moyenne en NO₂ bien inférieure aux concentrations mesurées sur les stations fixes de MADININAIR. Ceci peut s'expliquer par le fait que la commune de Sainte-Anne, située à l'extrémité Sud de la Martinique, est une ville, non pas de transit, mais au contraire, un point de chute pour les automobilistes, limitant la circulation et ainsi les émissions de polluants.

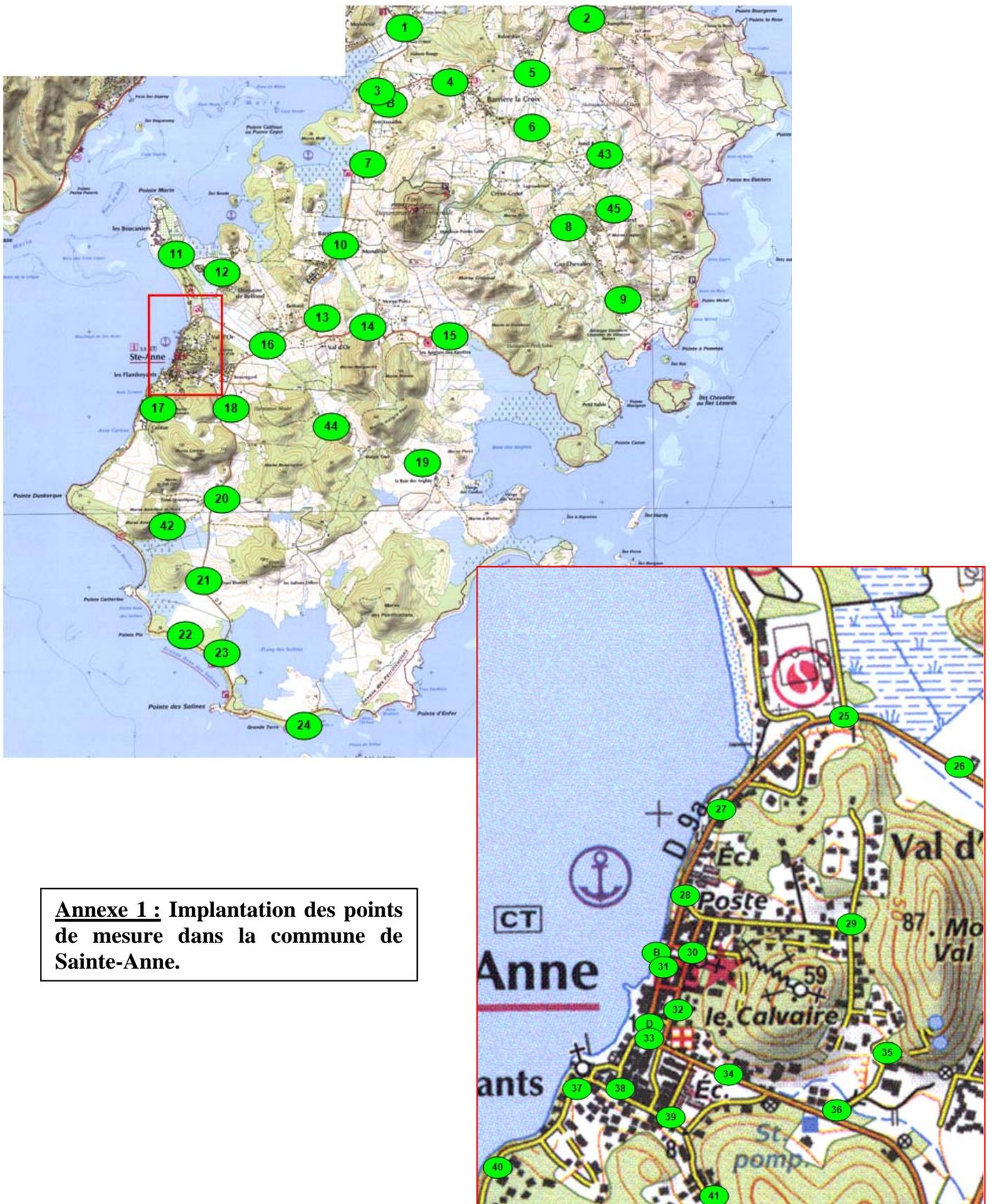
Les concentrations en poussières mesurées sur le site du Bourg de Sainte-Anne, correspondent aux concentrations mesurées sur les sites urbains de MADININAIR et donc au « bruit de fond » en poussières sur l'ensemble de la Martinique. Cette concentration était aux environs de 30µg/m³ sur la période de mesure et donc en dessous des normes.

La commune de Sainte-Anne est donc une commune bien ventilée permettant une dispersion rapide des polluants. Aucun risque de pollution majeure en terme de santé n'y a été observé durant la période de mesure.

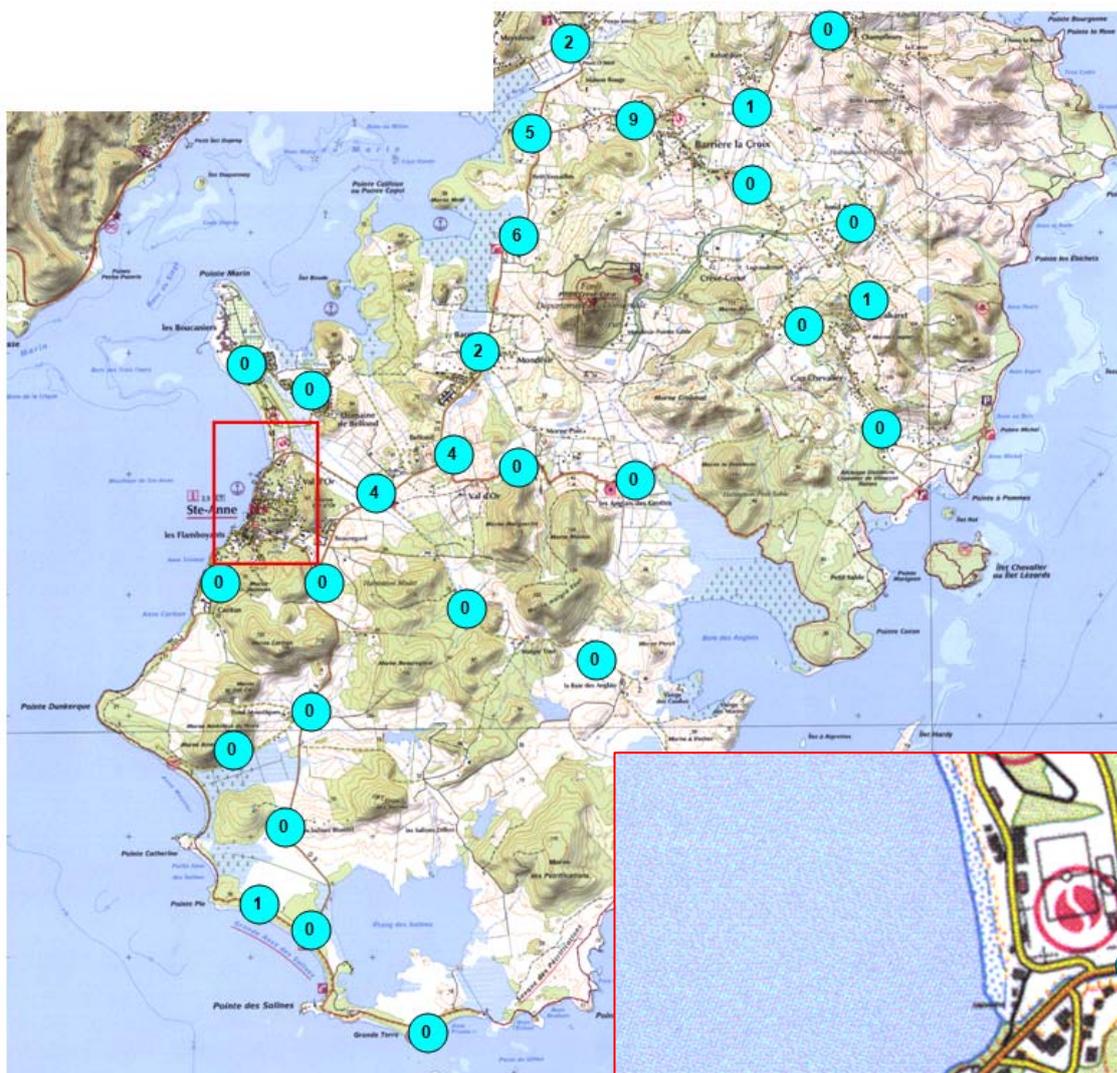
CONCLUSION : il fait bon vivre à Sainte-Anne !!!



VIII. ANNEXES



Annexe 1 : Implantation des points de mesure dans la commune de Sainte-Anne.



Annexe 2: Dispersion de la concentration moyenne en NO₂ (µg/m³) dans la commune de Sainte-Anne sur les périodes de mesure.