



ETUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

- PAR TUBES PASSIFS ET CAMION LABORATOIRE -

Commune de TRINITÉ
avril/mai 2009 et janvier 2010

Ref : 01/10/NO2TRINITÉ

Parution : janvier 2010
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 (PM ₁₀)	7
II.2. CAMPAGNES DE MESURE	8
II.2.1 Mesure ponctuelle sur sites	8
II.2.2 Mesure en continu sur site	8
II.2.3 Les stations fixes	9
III. MATERIELS ET METHODE	10
III.1. TUBES PASSIFS	10
III.1.1 Prélèvement	10
III.1.2 Analyse	11
III.2. CAMION LABORATOIRE	11
III.2.1 Prélèvement	11
III.2.2 Analyse	12
IV. DONNEES METEOROLOGIQUES	13
IV.1. PERIODE DES TUBES PASSIFS	13
IV.2. PERIODE DU CAMION LABORATOIRE	14
V. RESULTATS DES TUBES PASSIFS	15
V.1. FIABILITE DE LA METHODE	15
V.2. RESULTATS DES CAMPAGNES	16
V.2.1 Répartition temporelle	16
V.2.2 Répartition spatiale	17
V.3. RESPECT DES NORMES EN VIGUEUR	17
V.3.1 Comparaison avec la valeur limite	18
V.3.2 Comparaison avec l'objectif de qualité	18
V.3.3 Conclusion	19
VI. RESULTATS DU CAMION LABORATOIRE	20
VI.1. LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	20
VI.1.1 Evolution horaire	20
VI.1.2 Evolution journalière	20
VI.1.3 Profil journalier	21
VI.1.4 Conclusion	21
VI.2. LES POUSSIÈRES (PM ₁₀)	22
VI.2.1 Evolution horaire	22
VI.2.2 Evolution journalière	22
VI.2.3 Profil journalier	23
VI.2.4 Conclusion	24
VII. CONCLUSION	25
VIII. ANNEXES	26



I. Présentation de l'étude

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 / Lamentin / Schœlcher, objectif premier de couverture du département en tant que zone de plus de 100 000 habitants. Ces stations 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 PM_{2,5} (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.

Un grand nombre de communes de la Martinique ont d'ores et déjà fait l'objet d'une évaluation de la qualité de l'air, ce qui n'était pas encore le cas de la commune de Trinité.

Cette étude permettra d'évaluer la dispersion de la pollution atmosphérique dans la commune de Trinité, de préparer le Schéma Régional « Climat, Air, Energie » en devenir pour la Région Martinique, et de fournir une aide éventuelle à la décision locale (Ville de Trinité) sur des projets concernant l'urbanisme, les transports ou l'environnement en général, ...

Le but de cette étude est d'évaluer la quantité de dioxyde d'azote NO₂ présente sur différents sites de Trinité, 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.

Le deuxième objectif de cette étude est d'évaluer l'évolution horaire et journalière des concentrations en SO₂ et PM₁₀, polluants réglementaires. Pour cela, le camion laboratoire sera implanté dans le bourg de Trinité, à proximité des riverains, et mesurera en continu et en temps réel les fluctuations horaires et journalière des polluants sur ce site urbain.



II. Contexte de d'étude

II.1. Les polluants mesurés

II.1.1 Le dioxyde de soufre (SO₂)

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.

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



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.

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)

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.



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 2009 : 210 (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 2009 : 42
	Valeur OMS 2005	Valeur Objectif 2010 : 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

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

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)

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.

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 poussières dont le diamètre est inférieur à 10 µm



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**.

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 sites

Dans le but de fournir une étendue de la dispersion en NO₂ sur la commune de Trinité, une étude a été mise en place sur la période d'avril à juin 2009.

Plusieurs séries de mesures sur les 48 sites choisis ont été réalisées (Annexe 0), chaque prélèvement durant en moyenne 2 semaines et cela 4 fois de suite (Tableau II.4).

Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4
Du 31/03/2009 au 14/04/2009	Du 14/04/2009 au 04/05/2009	Du 04/05/2009 au 18/05/2009	Du 18/05/2009 au 02/06/2009

Tableau II.4 : Période des différentes campagnes de mesure du 31/03/2009 au 02/06/2009.

II.2.2 Mesure en continu sur site

Dans le but d'évaluer l'évolution horaire et journalière des concentrations en polluants (SO₂ et PM₁₀), une étude par camion laboratoire a été réalisée sur la commune de Trinité durant le mois de décembre 2009 et janvier 2010. Celui-ci a été disposé dans le bourg de Trinité, sur la place du bord de mer, du 16/12/2009 au 19/01/2010.





II.2.3 Les stations fixes

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 Concorde (NO_x)
- Station périurbaine de Lycée (NO_x, O₃)
- Station d'Etang Z'abricot (SO₂)



STATION URBAINE MUSEE



STATION URBAINE LAMENTIN

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



III. Matériels et méthode

III.1. Tubes passifs

III.1.1 Prélèvement



La méthode de prélèvement du NO_2 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

III.2.1 Prélèvement

- Tête de prélèvement des 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

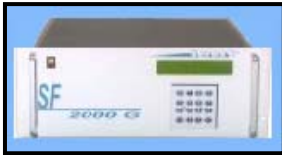


les poussières selon leur granulométrie et ne sélectionne que les particules de diamètre inférieures à $10\mu\text{m}$ (PM10).

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.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 PM10 :



L'analyseur PM10 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. Données météorologiques

IV.1. Période des 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 31/03/2009 au 14/04/2009	26	Temps beau à mitigé	2,8 Pointe max à 5,6	NON	1 semaine de vacances de pâques 2 jours fériés
Campagne 2 14/04/2009 au 04/05/2009	27	Temps mitigé Pluies importantes le 01-02-05 mai 09	3 Pointe max 6,4	NON	1 semaine de vacances de pâques 1 jour férié
Campagne 3 04/05/2009 au 18/05/2009	27	Temps beau à mitigé	3,1 Pointe max à 6,1	LEGERE	1 jour férié
Campagne 4 18/05/2009 au 02/06/2009	28	Temps majoritairement beau	3,2 Pointe max à 5,8	LEGERE	4 jours fériés

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** est relativement importante sur la période, moyennée aux alentours de 3 m/s avec des points horaires maximales variant de 5,6 à 6,4 m/s selon les périodes.
 - **La direction des vents** est généralement de secteur EST dans la commune de Trinité.



IV.2.Période du 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.

Paramètres	Température moyenne (°C)	Présence de pluie	Vitesse moyenne du vent (m/s)	Présence de brume de sable	Episodes particuliers
Campagne 16/12/2009 au 19/01/2010	26	Temps majoritairement beau Pluies le 01-02/01/2010	0,9	NON	

Tableau IV.2 : Conditions météorologiques durant la campagne par camion laboratoire.

- **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.
- **La pluie**, par contre, jouera un rôle de lixiviation de l'atmosphère. On pourra donc s'attendre à des concentrations plus faibles en polluants les jours de pluies.
- **Le vent** est le principal acteur de la dispersion des polluants :
 - **La vitesse du vent** est faible, de 0,9 m/s sur la période.
 - **La direction des vents** est exclusivement d'Est sur ce site de mesure, majoritairement de secteur Nord-est à Est-nord-est sur la période. Notons, également, des vents orientés Sud-est.

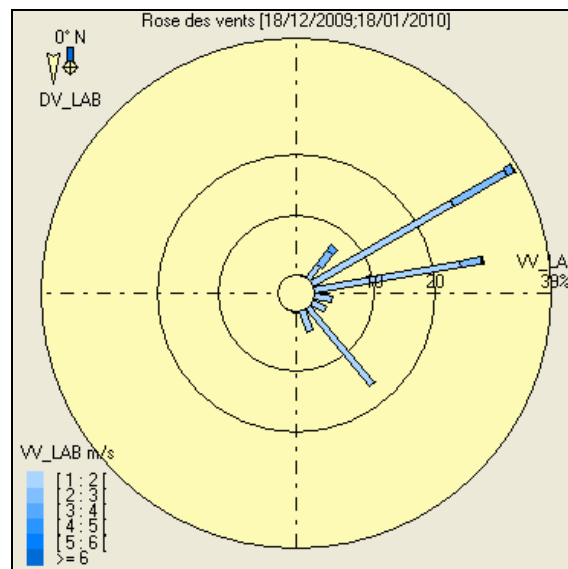


Figure IV.1 : Rose des vents du bourg de Trinité sur la période de mesure.



V. Résultats des tubes passifs

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
0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Des tubes « doubles » ont été implantés sur un site 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 doublets. Ceux-ci sont compris entre 0 et 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui reste très satisfaisant pour conclure à une bonne répétabilité des analyses.

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

Tableau V.1 : Ecart des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre le doublet 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

Tubes	Campagnes				Moyenne des campagnes	Tubes	Campagnes				Moyenne des campagnes
	1	2	3	4			1	2	3	4	
1	9,1	4,9	16,0	13,8	10,9	26	5,1	0,1	6,0	3,1	3,6
2	7,3	4,9	8,7	5,3	6,5	27	1,3	0,1	3,3	0,9	1,4
3	6,0	2,2	17,2	7,1	8,1	28	1,1	1,7	3,5	0,1	1,6
4	7,4	2,9	7,2	11,4	7,2	29	1,0	0,1	2,5	0,6	1,1
5	6,8	0,1	7,1	1,7	3,9	30	7,3	1,7	4,4	2,9	4,1
6	4,9	2,2	9,4	7,1	5,9	31	14,0	4,2	12,0	7,4	9,4
7	7,9	4,8	13,9	6,6	8,3	32	0,4	0,1	1,1	0,1	0,4
8	11,1	5,0	15,4	6,9	9,6	33	2,4	0,3	4,6	2,1	2,4
9	0,1	0,1	1,9	0,1	0,5	34	0,1	0,1	0,8	0,1	0,3
10	2,2	1,7	7,4	8,8	5,0	35	1,3	0,1	3,6	1,0	1,5
11	1,7	0,1	8,2	0,1	2,5	36	3,1	4,1	7,8	2,7	4,4
12	2,5	0,1	1,7	2,1	1,6	37	0,1	0,1	1,2	0,6	0,5
13	0,9	0,1	0,1	0,4	0,4	38	0,9	0,1	3,3	1,2	1,4
14		0,1	1,1	0,2	0,5	39	3,2	0,1	0,6	0,1	1,0
15	2,3	1,4	2,8	1,1	1,9	40	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
16	1,4	0,1	2,1	1,2	1,2	41	0,1	0,1	1,2	0,1	0,4
17	0,1	0,1	1,5	0,1	0,4	42	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
18	5,9	3,8	5,8	5,6	5,3	43	0,1	0,1	0,8	0,6	0,4
19	3,2	0,1	2,8	3,0	2,3	44	1,0	0,1	3,6	2,2	1,7
20	1,3	0,1	2,1	1,2	1,2	45	7,5		6,0	6,6	6,7
21	0,1	0,1	4,8	0,5	1,4	46	4,9	0,1	5,5	2,6	3,3
22	0,5	0,1	4,0	0,7	1,3	47	2,0	0,1	2,5	1,6	1,6
23	0,0	0,1	2,0	0,1	0,6	48	3,8	6,2	7,3	10,1	6,9
24	0,4	0,1	3,1	0,7	1,1	52		6,4	12,4	7,8	8,8
25	4,6	0,4	7,0	3,6	3,9						

Tableau V.2 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO_2 mesurées aux différents points de prélèvement.

De ce fait, l'Annexe 5 représente la dispersion de la concentration moyenne des 4 campagnes de mesure, et est donc représentative de la dispersion du NO_2 sur l'année 2009, à Trinité.

V.2.1 Répartition temporelle

La campagne 2 enregistre des concentrations en NO_2 moindres que les autres campagnes. En effet, durant la campagne 2, de fortes pluies ont provoqué une diminution des polluants dans l'air par le phénomène de lixiviation.

Par ailleurs, les vacances de Pâques s'étalant sur 2 semaines (1 semaine lors de la Campagne 1 et 1 semaine lors de la Campagne 2), il est important de noter que les concentrations moyennes relevées sous-estiment les concentrations habituelles hors « vacances scolaires ».

Seule la campagne 3 est réalisée durant une période dite « classique », et c'est effectivement la campagne sur laquelle on relève les maxima.



V.2.2 Répartition spatiale

Sur les 4 campagnes, bien que les valeurs des concentrations soient différentes (Tableau IV.3), la répartition spatiale en NO₂ est à peu près similaire (Annexe 1, 2, 3 et 4).

On se base donc sur les concentrations moyennées sur les 4 campagnes en chaque point de mesure (Annexe 5).

Les concentrations les plus élevées sont mesurées le long de la RN1, et notamment sur la grande intersection menant au bourg de Trinité. Des concentrations moyennes sont mesurées dans le bourg de Trinité. Dès que l'on s'éloigne de ces axes, les polluants se dispersent rapidement et les concentrations deviennent relativement 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.

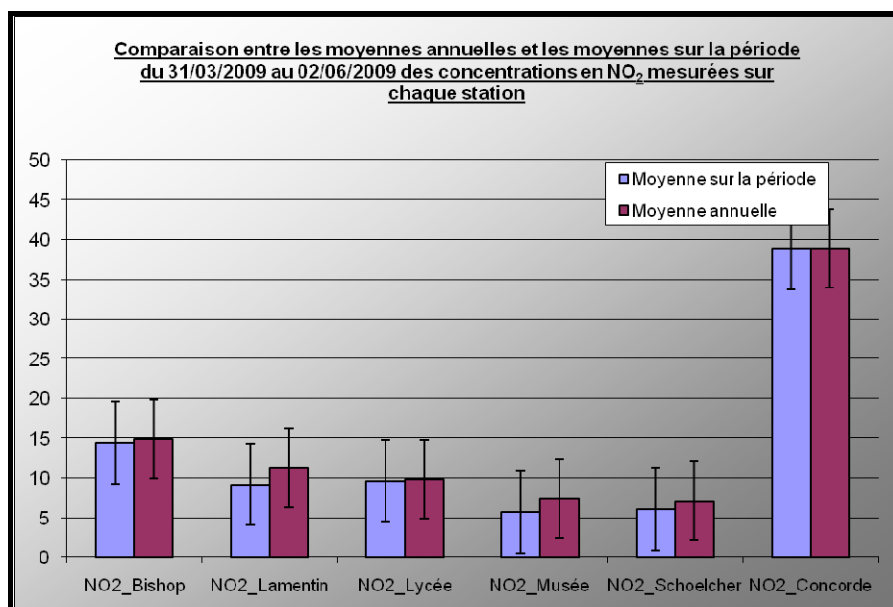


Figure V.1 : Comparaison entre les concentrations en NO₂ moyennées sur la période de mesure et moyennées sur l'année, mesurées dans les différentes stations fixes.

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 légèrement inférieures à la moyenne annuelle, sur l'ensemble des stations urbaines (Lamentin, musée d'histoire, Schœlcher), la station trafic (Concorde) et la station périurbaine (Lycée) aux moyennes annuelles. Ceci nous permet d'estimer que les concentrations en NO₂, de ces 4 campagnes, aux différents points de mesure sont légèrement sous-estimées par rapport à la moyenne annuelle.



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 IV.4).

	NO2_Bishop	NO2_Lamentin	NO2_Lycée	NO2_Musée	NO2_Concorde
P98/moyenne	2,76	3,15	3,33	3,49	2,42

Tableau V.3: Ratio P98/ Moyenne annuelle 2008-2009 pour chaque station fixe.

Le ratio moyen « P98/Moyenne » observé est de **3,03**.

La valeur limite de la directive devient alors sur la période de mesure : $200/3,03 = 66\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les sites dont les valeurs sont supérieures à $66\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 2009 est de $42\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau V.4).

Campagnes	Dépassement
1	NON
2	NON
3	NON
4	NON
Moyenne	NON

Tableau V.4 : Nombre de dépassements par campagne en fonction des différents sites de mesure.

Les concentrations moyennées sur la période sur tous les sites de mesure respectent l'objectif de qualité.



V.3.3 Conclusion

La dispersion des polluants reste relativement identique tout au long des campagnes de mesure, ceci permettant d'établir une moyenne des concentrations pour chaque point de mesure (Annexe 5). Durant les 4 campagnes, les concentrations les plus élevées en NO₂ sont mesurées essentiellement sur la RN1 et dans la grande intersection menant à l'entrée du Bourg de Trinité, axe essentiel Nord-Sud du côté Atlantique. Cette pollution est essentiellement due au trafic routier.

Les concentrations moyennes mesurées lors de cette période respectent l'objectif de qualité. Les probabilités de dépassement de la valeur limite horaire sur la zone sont faibles.

La période de l'étude reste toutefois en sous-estimation par rapport à la normale, de nombreux jours fériés et des vacances scolaires ayant été intégrés à la période. Seule la Campagne 3 semble correspondre à une période dite « classique ».

Le renouvellement d'une étude sera à prévoir pour observer l'évolution des concentrations en polluants automobiles. En effet, le nombre de véhicules ne cesse d'augmenter en Martinique depuis quelques années.

VI. Résultats du camion laboratoire

VI.1. Le dioxyde de soufre (SO₂)

VI.1.1 Evolution horaire

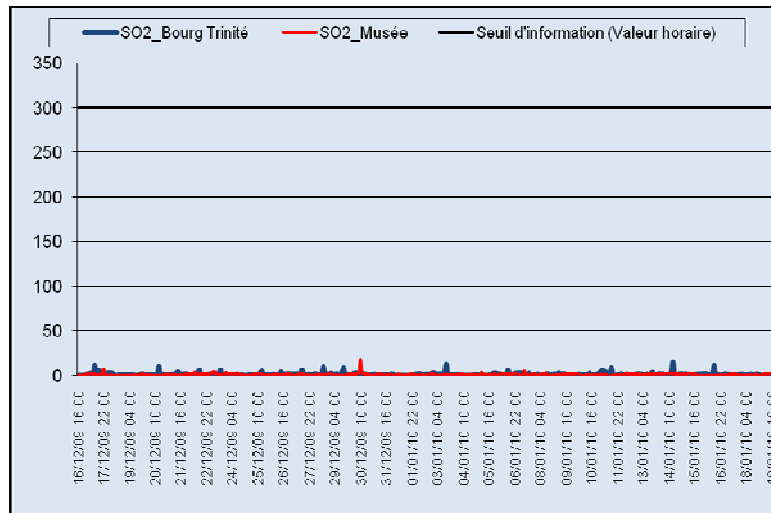


Figure VI.1 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station urbaine « Musée » et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

La Figure VI.1 représente l'évolution horaire des concentrations sur le site du bourg de Trinité et sur la station fixe de MADININAIR de type urbaine. Les concentrations mesurées sur le site urbain de Fort-de-France semblent être du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le site de Trinité.

Les concentrations mesurées respectent 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.

VI.1.2 Evolution journalière

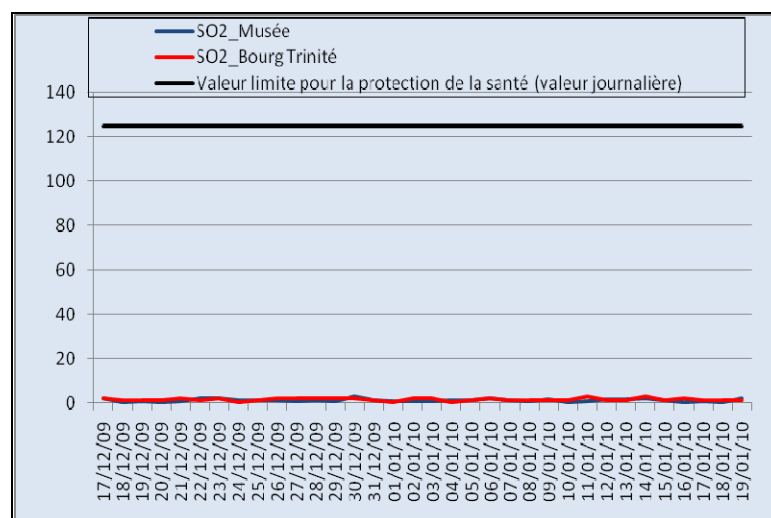


Figure VI.2 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en SO₂ sur la station urbaine « Musée » et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.



La Figure VI.2 représente l'évolution journalière des concentrations en SO₂ sur le site du Bourg de Trinité et une station urbaine de Fort-de-France. Aucune évolution particulière n'est observée sur ces deux sites de mesure.

Les concentrations mesurées sur le site du Bourg de Trinité sont bien inférieures à la valeur limite journalière de 125 µg/m³.

VI.1.3 Profil journalier

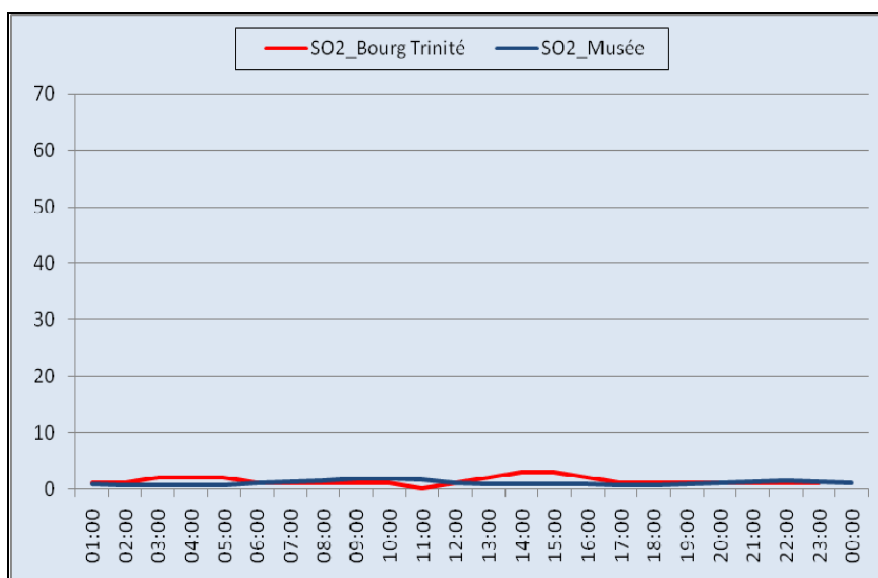


Figure VI.3 : Profil journalière des concentrations (µg/m³) en SO₂ sur la station urbaine de Musée et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

Les concentrations mesurées dans la commune des Trinité restent relativement constantes tout au long de la journée (Figure VI.3).

VI.1.4 Conclusion

Sites de mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Maximum horaire (µg/m ³)	Maximum journalier (µg/m ³)
Musée Station urbaine	1,1	18 Le 30/12/09 à 10h00	3 Le 30/12/2009
Site Bourg de Trinité	1,4	15 Le 14/01/10 à 15h00	3 Le 11 et 14/01/10

Tableau VI.1 : Concentration moyenne, concentration maximale horaire et journalière (µg/m³) en SO₂ sur la station Musée et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

La moyenne en SO₂ sur le site du Bourg de Trinité sur la période de mesure est de 1,4µg/m³, concentration faible correspondant aux concentrations mesurées dans les sites urbains (station urbaine Musée).

VI.2. Les poussières (PM10)

VI.2.1 Evolution horaire

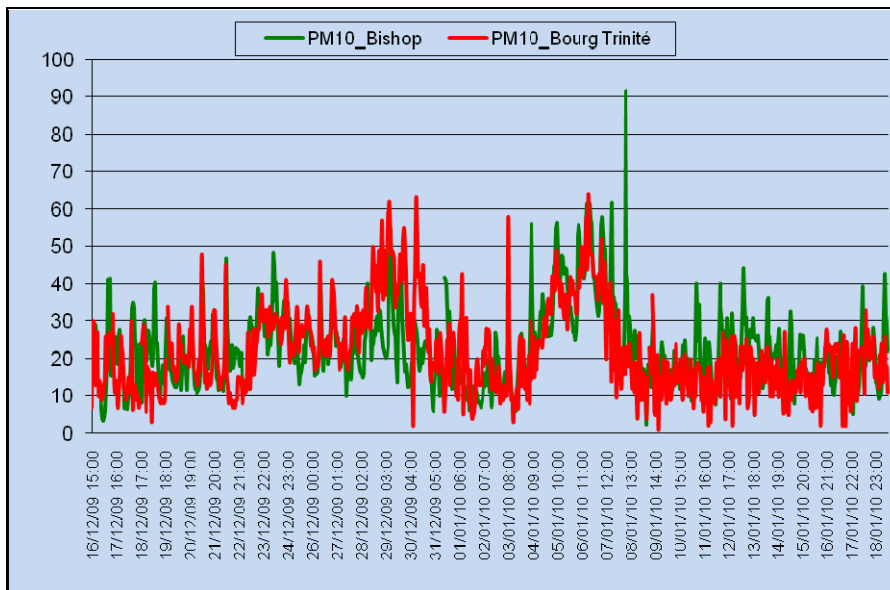


Figure VI.4 : Evolution horaire des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur la station urbaine « Bishop » et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

La Figure VI.4 représente l'évolution horaire des concentrations en PM10 sur le site du bord de mer de Trinité ainsi que sur une station fixe de MADININAIR. Une évolution similaire est observée entre les différents sites avec des pics communs tout au long de la période de mesure.

VI.2.2 Evolution journalière

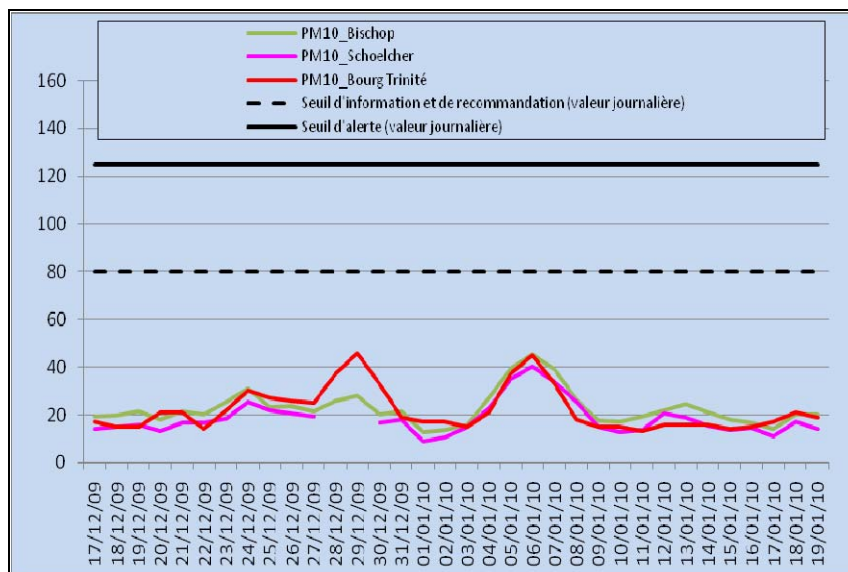


Figure VI.5 : Evolution journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur les stations urbaines « Bishop » et « Schœlcher » et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

La Figure VI.5 illustre l'évolution journalière des concentrations en PM10 sur le site de Trinité et sur les stations fixes. Les concentrations en PM10 mesurées sur ce site semblent évoluer comme les stations fixes de MADININAIR avec des pics communs comme celui du 06/01/2010. Cependant, le pic du 29/12/2009 n'est observé que sur le site de mesure du bord de mer de Trinité.

VI.2.3 Profil journalier

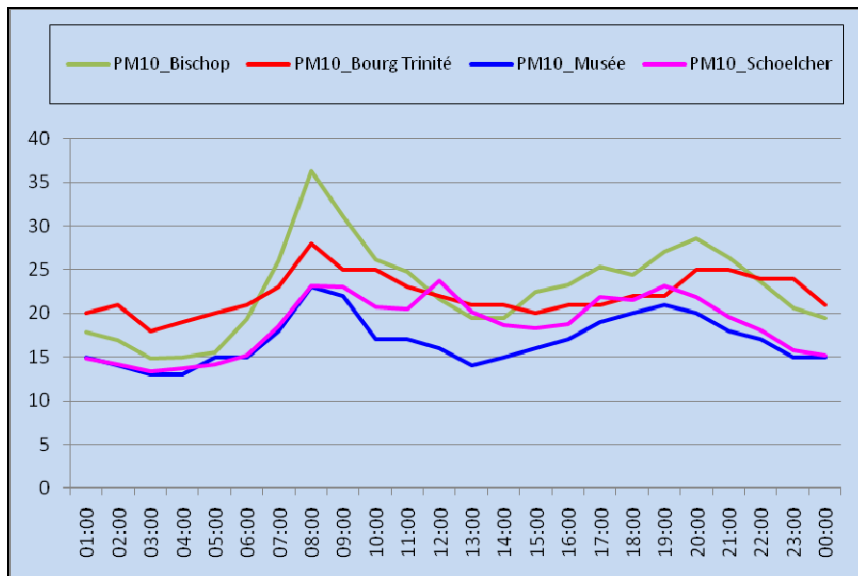


Figure VI.6 : Profil journalière des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur les stations urbaines « Bishop », « Musée » et « Schelcher » et le site du bourg de Trinité du 16/12/2009 au 19/01/2010.

La Figure VI.6 représente le profil journalier des concentrations en PM10 sur le site de Trinité et les stations fixes de MADININAIR. Le profil, sur ce site, montre une évolution relativement constante tout au long de la journée. Cependant, deux pics sont observés en début de matinée et en fin de journée, profil type du trafic automobile.



VI.2.4 Conclusion

Sites de mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bishop Station urbaine	23	92 08/01/10 à 08:00	45 06/01/10
Musée Station urbaine	17	59 06/01/10 à 16:00	39 06/01/10
Lamentin Station urbaine	18	84 15/01/10 à 11:00	37 06/01/10
Schœlcher Station urbaine	19	196 08/01/10 à 12:00	40 06/01/10
Site Bourg des Trois-Ilets	22	64 06/01/10 à 18:00	46 29/12/09

Tableau VI.2 : Concentration moyenne, concentration maximale horaire et journalière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM10 sur les stations fixes de MADININAIR et le site des Trois-Ilets du 02 au 16 décembre 2009.

La concentration moyenne mesurée sur le site de Trinité est équivalente aux concentrations des stations fixes, correspondant à la valeur de fond en PM10 mesurée en Martinique. Cependant, le pic journalier observé sur Trinité n'est pas commun aux stations urbaines de Fort-de-France (Tableau VI.2). D'autres sources de poussières sont donc spécifiques à la commune de Trinité :

- Le trafic automobile spécifique à la commune : le camion laboratoire est situé à proximité de la N2001 qui traverse le bourg de Trinité
- Les embruns marins : situés proche du bord de mer, le camion laboratoire peut mesurer une quantité non négligeable de poussières marines.

Toutefois, les concentrations en PM10 mesurées sur ce site respectent les normes environnementales en vigueur.



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, sur toute la commune de Trinité
- A l'aide du camion laboratoire, d'établir une représentation temporelle de la qualité de l'air du bourg de Trinité par l'évolution horaire et journalière des concentrations en SO₂ et PM₁₀ sur la période de l'étude.

L'étude par tubes passifs a été réalisée durant la période d'avril à juin 2009. Durant les 4 campagnes, les concentrations les plus élevées en NO₂ sont mesurées essentiellement sur la RN1 et dans la grande intersection menant à l'entrée du Bourg de Trinité, axe essentiel Nord-Sud du côté Atlantique. Cette pollution est essentiellement due au trafic routier.

Toutefois, les concentrations moyennes mesurées respectent les normes environnementales en vigueur.

Cependant, la période de l'étude reste en sous-estimation par rapport à la normale, de nombreux jours fériés et des vacances scolaires ayant été intégrés à la période. Seule la Campagne 3 semble correspondre à une période dite « classique ». De plus, lors de cette période, l'échangeur de l'entrée du bourg était en cours de réaménagement pour donner le grand rond-point présent à l'heure actuelle.

Il serait donc intéressant de prévoir le renouvellement d'une étude pour observer l'évolution des concentrations en polluants automobiles sur cette zone.

Le camion laboratoire a été disposé dans le bourg de Trinité, au plus proche des riverains. Le but est d'évaluer, en continu et en temps réel, l'évolution horaire et journalière d'autres polluants réglementaires, ne pouvant être mesurés par la méthode passive : dioxyde de soufre SO₂ et poussière PM₁₀.

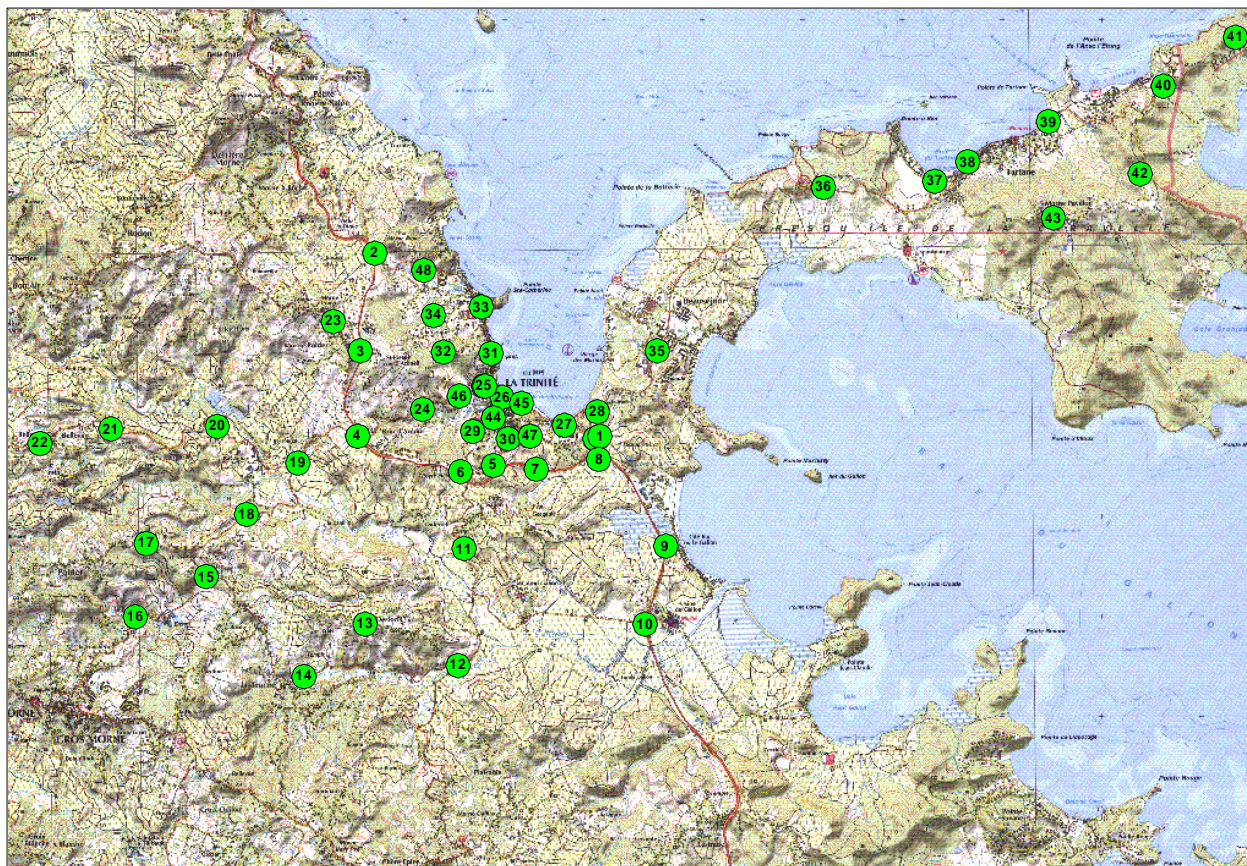
Le SO₂ n'a montré aucune évolution particulière et ses concentrations sont bien en dessous des normes. Ce polluant étant émis principalement par le secteur industriel, le bourg de Trinité ne dénombre aucune source principale de SO₂.

La concentration moyenne en poussières PM₁₀ sur la commune de Trinité correspond à celle mesurée dans le centre urbain de Fort-de-France et correspond à la quantité moyenne de poussière présente dans l'air de la Martinique tout au long de l'année, avec toutefois un impact non négligeable du trafic automobile.

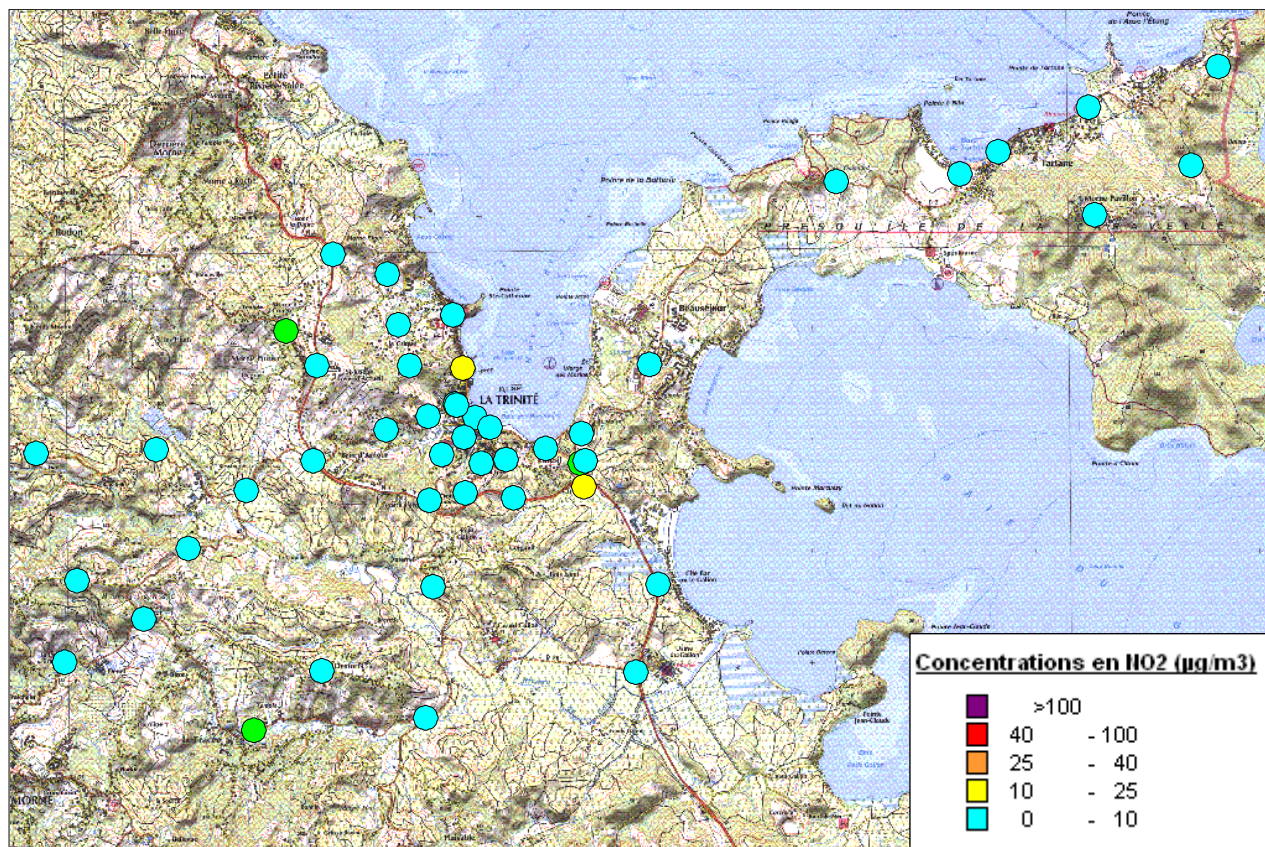
La commune des Trinité est une commune bien ventilée, des vents « purs » venant de l'Atlantique, permettant une dispersion rapide des polluants réglementaires. Aucun risque de pollution majeure, pour les trois polluants réglementaires mesurés (SO₂, NO₂ et PM₁₀), en terme de santé n'a été observé durant la période de mesure.



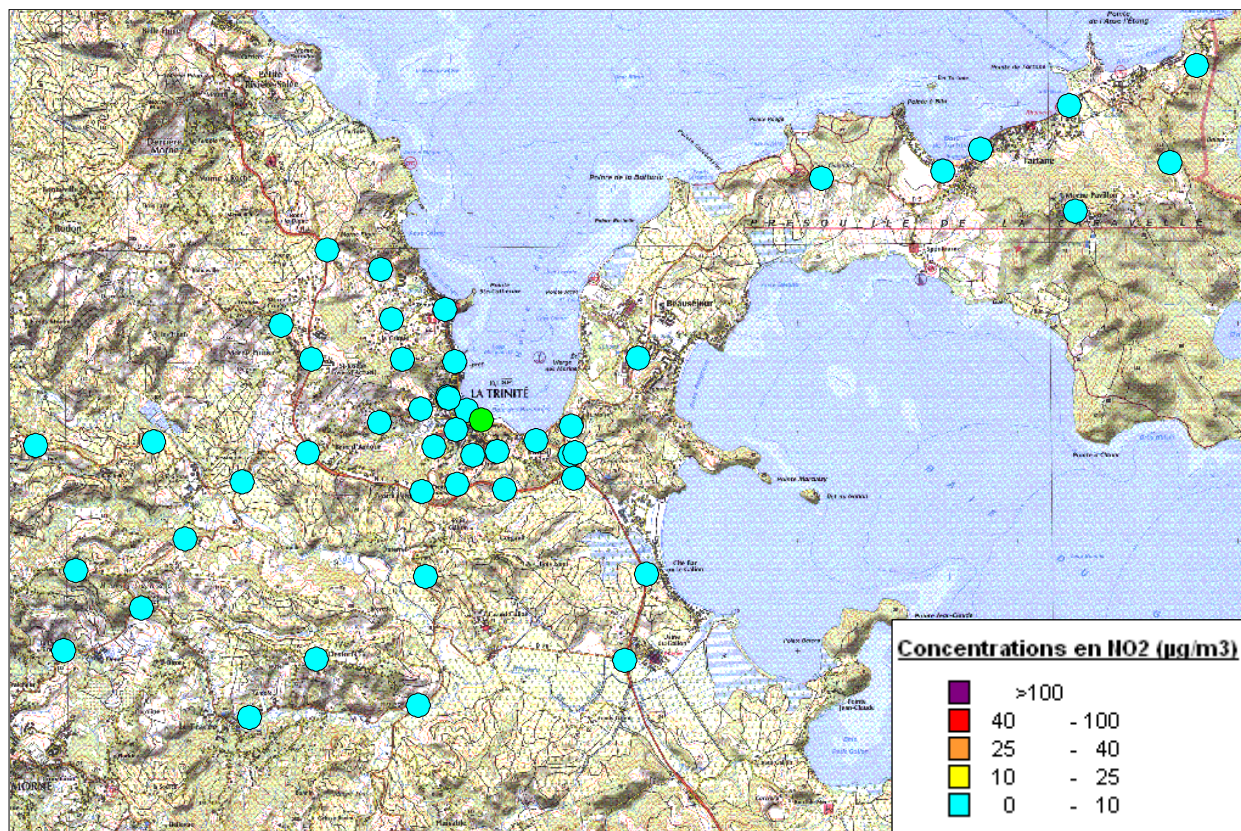
VIII. Annexes



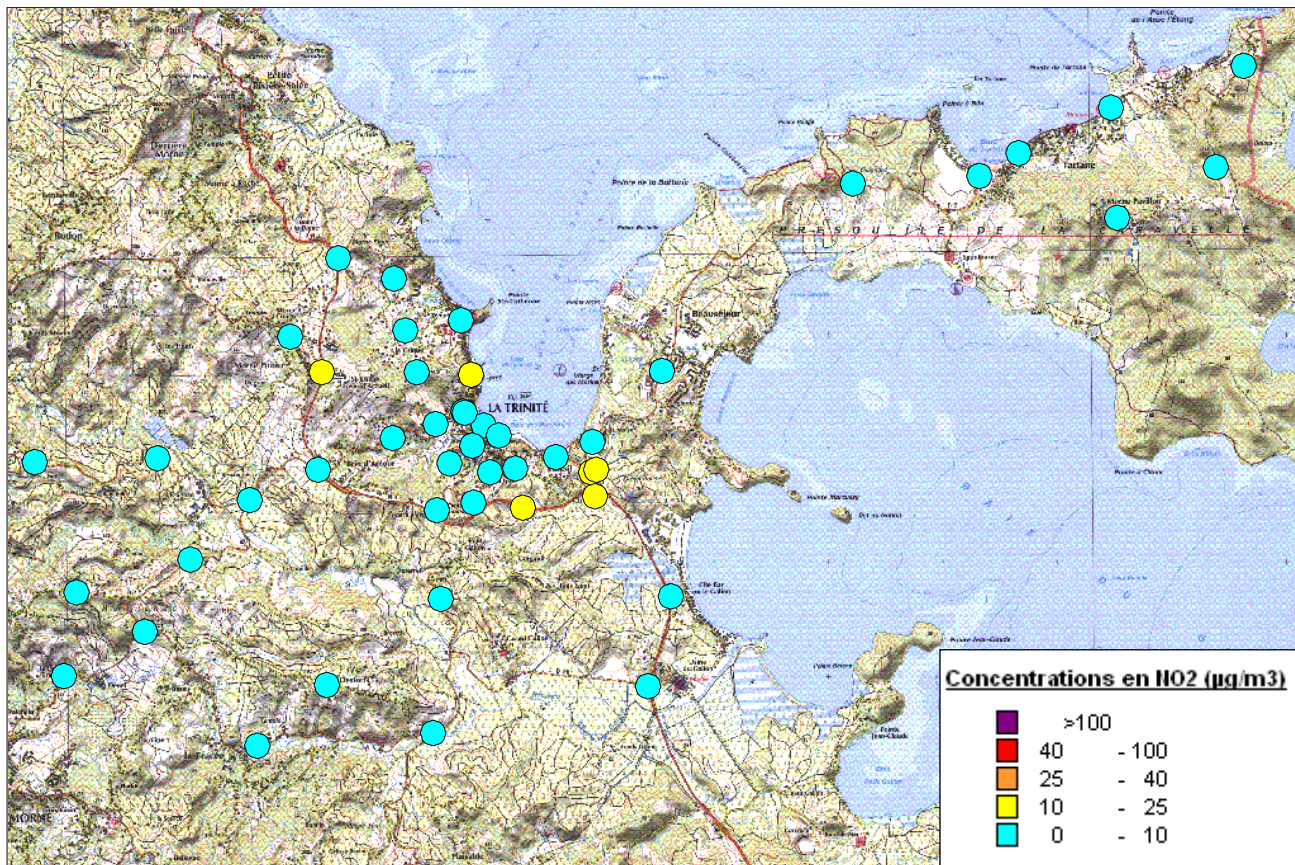
Annexe VIII.0 : Implantation des points de mesure sur la commune de Trinité.



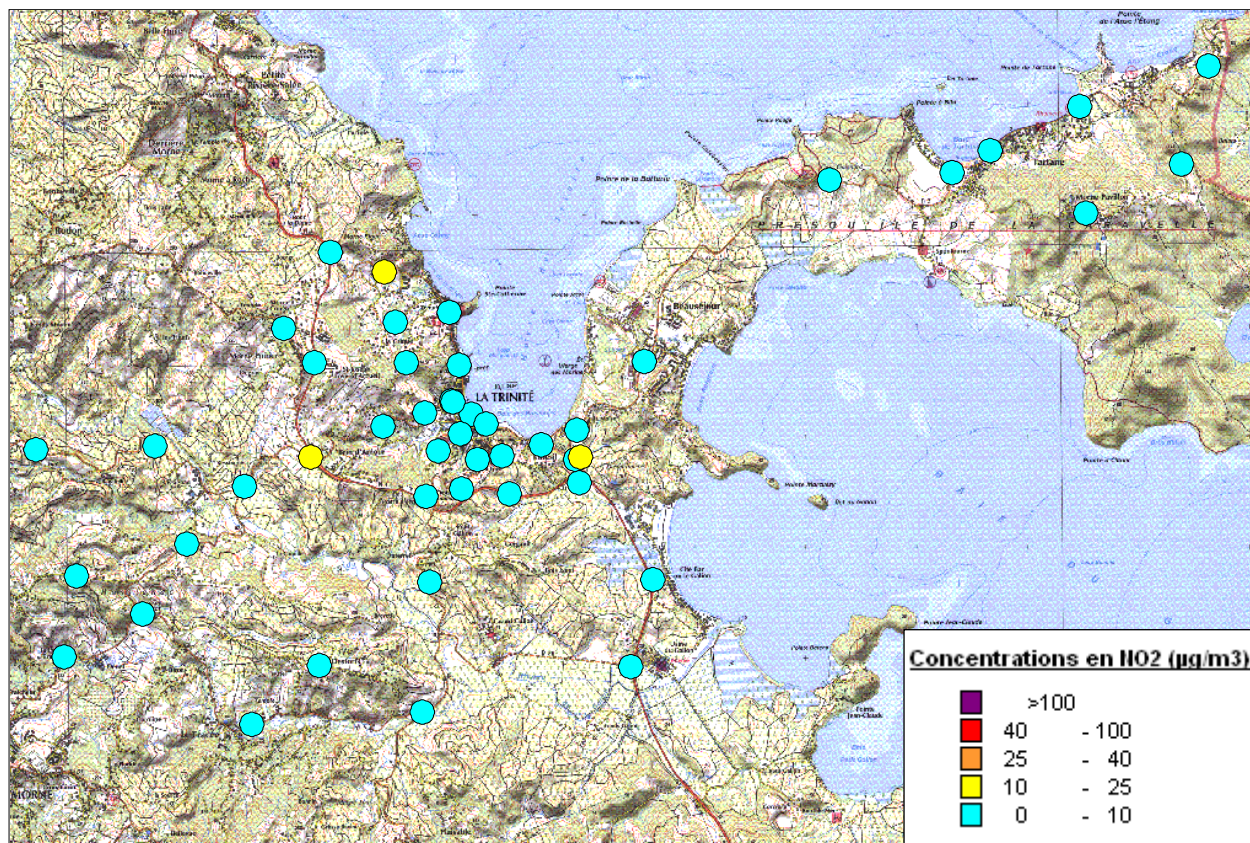
Annexe VIII.1 : Dispersion de la concentration en NO₂ (µg/m³) sur la commune de Trinité lors de la Campagne 1 du 31/03/2009 au 14/04/2009.



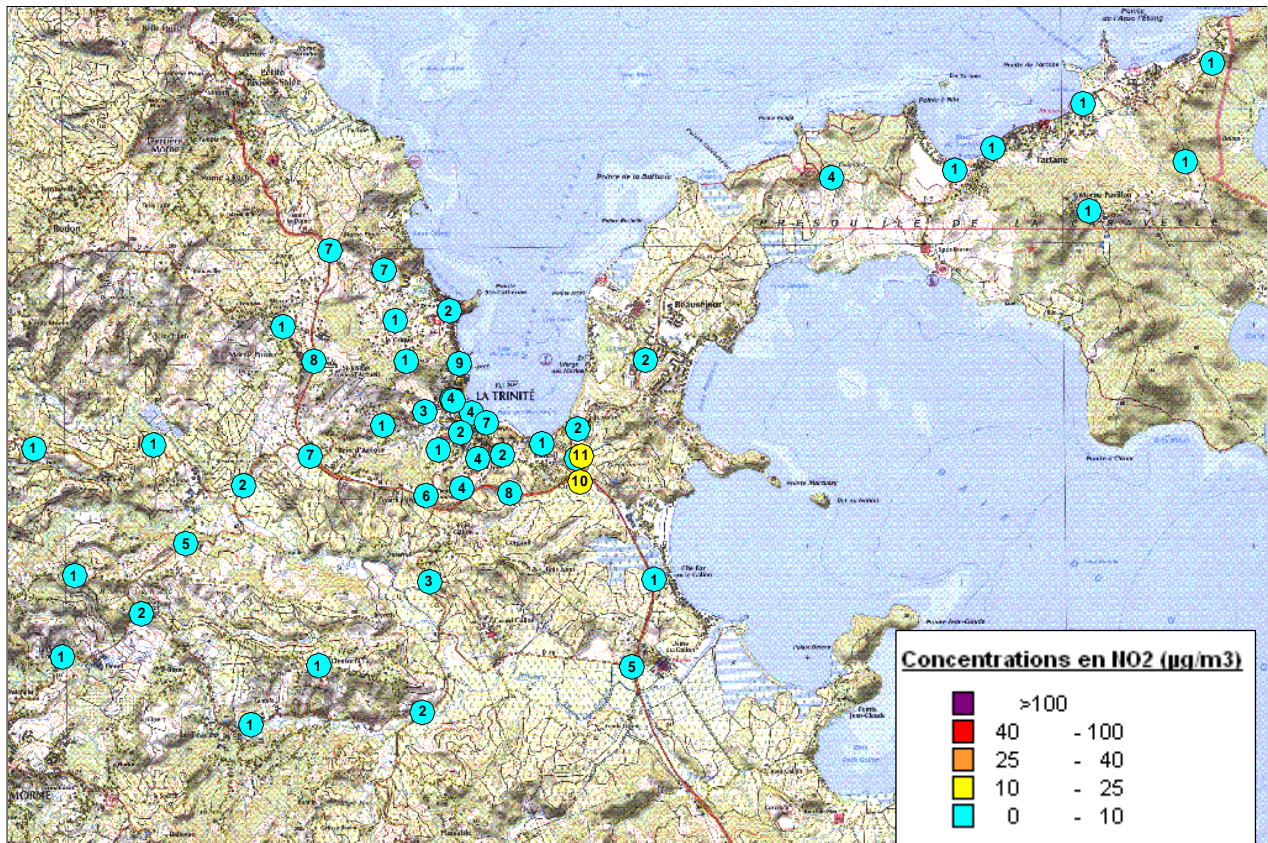
Annexe VIII.2 : Dispersion de la concentration en NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur la commune de Trinité lors de la Campagne 2 du 14/04/2009 au 04/05/2009.



Annexe VIII.3 : Dispersion de la concentration en NO2 (µg/m3) sur la commune de Trinité lors de la Campagne 3 du 04/05/2009 au 18/05/2009.



Annexe VIII.4 : Dispersion de la concentration en NO₂ (µg/m³) sur la commune de Trinité lors de la Campagne 4 du 18/05/2009 au 02/06/2009.



Annexe VIII.5 : Dispersion de la concentration moyenne en NO2 (µg/m3) sur la commune de Trinité lors des 4 Campagnes du 31/03/2009 au 02/06/2009.