



Association Calédonienne de Surveillance de la
Qualité de l'Air

**Campagne de mesure par
échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃
sur la ville de Nouméa du 18 au 25
février 2010**



Juillet 2010

Conditions de diffusion

Scal-Air est une association de surveillance de la qualité de l'air en Nouvelle-Calédonie. Elle a pour missions principales la surveillance de la qualité de l'air et l'information du public et des autorités compétentes, par la publication de résultats, sous forme de communiqués, bulletins, rapports et indices quotidiens facilement accessibles.

A ce titre et compte tenu du statut d'organisme non lucratif, Scal-Air est garant de la transparence de l'information concernant ses données et rapports d'études.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document est libre, et doit faire référence à l'association Scal-Air et au titre du présent rapport.

Les données contenues dans ce rapport restent la propriété de Scal-Air.

Les données ne seront pas systématiquement rediffusées en cas de modifications ultérieures.

Scal-Air ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donné d'accord préalable.

Intervenants

- *Intervenants techniques :*
 - Supervision technique : Alexandre TCHIN
 - Assistance technique : Sylvain GLEYE, Manuel Marquis, Laure Lacheretz

- *Intervenants études :*
 - Rédaction rapport / coordination : Sylvain GLEYE
 - Tiers examens du rapport : Alexandre TCHIN, Carine SAINT-CHAMARAND
 - Approbation finale : Laure Lacheretz

Sommaire

Résumé.....	4
1. Introduction.....	5
2. Présentation de l'étude.....	6
2.1. Les polluants étudiés.....	6
2.2. La réglementation.....	7
2.2.1. Réglementations française et européenne.....	7
2.2.2. Réglementation en Nouvelle-Calédonie.....	7
2.3. Valeurs de référence.....	8
2.3.1. Le SO ₂	8
2.3.2. Le NO ₂	8
2.3.3. L'O ₃	8
3. Mise en œuvre de la campagne.....	9
3.1. Le matériel.....	9
3.1.1. Les échantillonneurs passifs.....	9
3.1.2. Les analyseurs automatiques.....	9
3.2. Les sites de mesures.....	10
3.3. Déroulement sur le terrain.....	13
4. Résultats et commentaires.....	14
4.1. Influence de la météorologie.....	14
4.1.1. Directions et vitesses des vents dominants.....	14
4.1.2. Température, pluviométrie, hygrométrie.....	15
4.2. Résultats : les données brutes.....	16
4.3. Validation des données.....	18
4.3.1. Incertitudes et erreurs de mesure.....	18
4.3.2. Analyse des échantillonneurs passifs « blancs ».....	19
4.3.3. Validation et correction des données brutes par comparaison aux données mesurées par les analyseurs automatiques.....	20
4.3.4. Résultats : les données corrigés.....	24
4.4. Représentations cartographiques et interprétations.....	25
4.4.1. Dioxyde de soufre (SO ₂).....	25
4.4.2. Dioxyde d'azote (NO ₂).....	30
4.4.3. Ozone (O ₃).....	35
4.4.4. Situation par rapport aux normes et aux mesures permanentes.....	39
5. Conclusions et perspectives.....	44
6. Références bibliographiques.....	46
ANNEXE 1 : données météorologiques complémentaires.....	47
ANNEXE 2: cartes complémentaires.....	49

Résumé

Cette campagne de mesure par échantillonnage passif s'est déroulée du 18 au 25 février 2010. Il s'agit de la deuxième campagne du genre réalisée par Scal-Air à l'échelle de la ville de Nouméa.

Au total, 211 tubes (94 pour le SO₂, 74 pour le NO₂ et 43 pour l'O₃) ont été utilisés, selon une répartition concernant 57 points de mesure.

Afin de comparer et d'effectuer un suivi de l'évolution des niveaux de polluants mesurés d'une campagne à l'autre, les mêmes points de mesure ont été conservés. Deux points de mesure ont été ajoutés.

Les objectifs de cette campagne sont les suivants :

- Mieux connaître la répartition des trois polluants sur la ville pendant la période de mesure, située en saison chaude (février 2010). De cette manière, comparer les résultats à ceux de la première campagne de mesure par échantillonnage réalisée en saison fraîche (juin 2009),
- Mieux comprendre, en regard des résultats des campagnes 2009 et 2010, le lien entre la répartition des polluants sur la ville et la configuration météorologique,
- Accumuler des données relatives à la mesure de la qualité de l'air en bordure des axes de circulation les plus importants, ne faisant à l'heure actuelle pas l'objet d'une surveillance en continu. Il s'agit notamment d'identifier et/ou de confirmer les points les plus impactés par la pollution liée au trafic routier,
- Améliorer les connaissances vis-à-vis de l'impact de l'activité industrielle sur la qualité de l'air de la ville, notamment sur les quartiers situés à proximité du secteur de l'usine de Doniambo,
- Mieux évaluer les niveaux de fond d'ozone sur la ville.

En comparaison à la 1^{ère} campagne par échantillonnage passif de juin 2009, il apparaît que les niveaux des polluants primaires sont directement liés aux conditions météorologiques :

- Le dioxyde de soufre, traceur de la pollution industrielle, impacte essentiellement les quartiers sous le vent par rapport à la source d'émission principale de Doniambo,
- Le dioxyde d'azote, traceur de la pollution automobile, touche principalement les axes les plus fréquentés de la ville, connaissant pour la plupart des engorgements périodiques et réguliers,
- L'ozone, polluant issu de la dégradation des polluants primaires (NO₂ notamment), confirme sa présence majoritaire dans les quartiers périphériques de la ville, sans pour autant connaître de niveaux élevés.

Il apparaît que les grandes variations saisonnières annuelles des niveaux de dioxyde d'azote et d'ozone, mises en évidence sur le réseau fixe, se confirment à l'échelle de la ville : les niveaux sont les plus faibles en saison chaude et les plus forts en saison fraîche.

Si la première campagne de mesure par tube passif invitait à rester prudent quant au niveau d'incertitude élevée liée à la mesure par échantillonnage passif, cette seconde campagne rassure sur la fiabilité du dispositif utilisé, qui certes, reste indicatif en ce qui concerne l'évaluation des niveaux de pollution, mais qui s'avère être un bon outil pour l'inter-comparaison des sites. C'est pourquoi l'intérêt principal de cette méthode de surveillance réside dans l'identification des points ou secteurs les plus impactés, pour chaque polluant.

Les résultats de ces deux campagnes permettent d'ores et déjà d'identifier les sites qui pourront faire l'objet de campagne de mesure par analyseur automatique, notamment dans le cadre du déploiement du laboratoire mobile de Scal-Air.

1. Introduction

Cette seconde campagne de mesure par échantillonnage passif s'est déroulée du 18 au 25 février 2010. La première campagne du genre réalisée en juin 2009¹ avait fait l'objet d'une centaine de mesures réparties en 55 points sur Nouméa.

Afin de comparer et d'effectuer un suivi de l'évolution des niveaux de polluants mesurés, les mêmes points de mesure ont été conservés. Par ailleurs, deux points de mesure ont été ajoutés.

Il s'agit, pendant la durée d'une semaine et à l'échelle de la ville, de mesurer les niveaux moyens des polluants habituellement mesurés sur les stations de Scal-Air : le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃).



¹ SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂ - NO₂ - O₃ sur la ville de Nouméa – juin 2009

2. Présentation de l'étude

2.1. Les polluants étudiés



POLLUANTS	PRINCIPALES SOURCES	EFFETS SUR LA SANTÉ	CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT
Dioxyde de soufre (SO₂)	<ul style="list-style-type: none"> Centrales thermiques Véhicules diesel 	<ul style="list-style-type: none"> Irritation des muqueuses Irritation des voies respiratoires 	<ul style="list-style-type: none"> Pluies acides Dégradation des bâtiments
Dioxyde d'azote (NO₂)	<ul style="list-style-type: none"> Trafic routier, maritime, aérien Centrales thermiques 	<ul style="list-style-type: none"> Irritation des bronches Favorise les infections pulmonaires chez l'enfant Augmente la fréquence et la gravité des crises chez les personnes asthmatiques 	<ul style="list-style-type: none"> Pluies acides Formation d'ozone Effet de serre (indirectement)
Ozone (O₃)	<ul style="list-style-type: none"> Polluant secondaire formé notamment à partir de NO₂ (pollution photochimique) 	<ul style="list-style-type: none"> Toux Altération pulmonaire Irritations oculaires 	<ul style="list-style-type: none"> Effet néfaste sur la végétation Contribue indirectement à l'effet de serre

Le dioxyde de soufre (SO₂) provient majoritairement de la combustion de combustibles fossiles tels que les fiouls ou le charbon.

Son origine sur Nouméa est principalement industrielle (centrales thermiques, installations industrielles de combustion), essentiellement situées sur le site de Doniambo. Suivant la direction et la vitesse du vent, les fumées industrielles peuvent être rabattues au sol et retomber en panache occasionnant ainsi une pollution très localisée.

Ce polluant est un irritant des muqueuses, de la peau, des voies respiratoires supérieures (exacerbation des gênes respiratoires, troubles de l'immunité du système respiratoire...).

Sur le plan environnemental, le dioxyde de soufre se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène de pluies acides. Il contribue également à la dégradation des matériaux.

Le dioxyde d'azote (NO₂) appartient au groupe des oxydes d'azote NO_x, dont fait également partie le monoxyde d'azote (NO). Seul le NO₂ est concerné par cette campagne de mesure. En effet, ce composé est plus stable dans l'atmosphère, à température ambiante : le monoxyde d'azote émis par différentes sources se transforme rapidement en dioxyde d'azote au contact de l'ozone

Les oxydes d'azote sont des polluants principalement liés aux émissions du trafic routier. Ils sont émis par les moteurs et les installations de combustion à haute température de plus grande ampleur (centrale énergétique...).

Le dioxyde d'azote, très oxydant et corrosif, pénètre profondément dans les poumons où il fragilise la muqueuse face aux agressions infectieuses. Irritant les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques.

L'ozone (O₃) que l'on mesure dans l'air ambiant se forme par transformation chimique dans l'atmosphère de certains polluants dits "primaires" (en particulier NO, NO₂ et COV), sous l'effet des rayonnements solaires. Les mécanismes réactionnels sont complexes et les plus fortes concentrations d'O₃ apparaissent en périphérie des zones émettrices des polluants primaires, puis peuvent être transportées sur de grandes distances.

Ce gaz est agressif, il pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires. Ses effets sont très variables selon les individus.

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (sur le rendement des cultures par exemple) et sur certains matériaux (caoutchouc...). Il contribue également indirectement à l'effet de serre.

2.2. La réglementation

2.2.1. Réglementations française et européenne

La réglementation française sur la qualité de l'air ambiant s'appuie essentiellement sur les directives européennes, parmi lesquelles on peut citer :

- La directive 96/62/CE du 27 septembre 1996 de la Communauté Européenne, dite directive « cadre » concerne l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Elle fournit le cadre à la législation communautaire sur la qualité de l'air.
- La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 relative à la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe remplace la directive cadre 96/62/CE et les directives filles 2002/3/CE, 2000/69/C, 1999/30/CE et 2004/107/CE.
- Les directives « filles » au nombre de 4, détaillent les différents seuils de référence pour chaque polluant. Pour ce qui concerne le dioxyde de soufre, il s'agit de la directive 1999/30/CE du Conseil, du 22 avril 1999, relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant

C'est la loi sur L'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 (n°96-1236), couramment appelée loi LAURE, intégré au code de l'environnement dans le livre II, titre III, ainsi que ses arrêtés et circulaires d'application qui est le principal texte réglementaire encadrant la surveillance de la qualité de l'air en métropole.

Plus d'information sur la réglementation relative à la qualité de l'air sur www.scalair.nc, rubrique *La qualité de l'air*.

2.2.2. Réglementation en Nouvelle-Calédonie

Les réglementations citées ci-dessus ne sont pas directement applicables à ce jour en Nouvelle-Calédonie. Il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation locale sur la qualité de l'air ambiant. Seule la réglementation provinciale des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), qui concerne les industries, fixe des préconisations applicables à la surveillance de la qualité de l'air de certains sites industriels. Sur la zone de Nouméa, en ce qui concerne le SO₂, les arrêtés d'autorisation d'exploitation de la réglementation ICPE concernant la Société Le Nickel définissent des seuils à respecter sur des points de mesures prédéfinis. Cependant, les préconisations des réglementations précitées servent de références aux projets et études menés par Scal-Air.

2.3. Valeurs de référence

2.3.1. Le SO₂

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	
	350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24h/an (=percentile 99.7 des moy horaires sur l'année < 350 µg/m ³)
	125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3j/an (=percentile 99.2 des moy jour sur l'année < 125 µg/m ³)
Valeurs limites pour la protection des écosystèmes	
	20 µg/m³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	
	50 µg/m³ en moyenne annuelle
Seuils d'information-recommandation et d'alerte	
	Information - recommandation : 300 µg/m³ en moyenne horaire
	Alerte : 500 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3h consécutives

2.3.2. Le NO₂

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	
	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 175h/an
Valeurs limites pour la protection des écosystèmes	
	30 µg/m³ en moyenne annuelle (en comptant les NO et NO ₂)
Objectif de qualité	
	40 µg/m³ en moyenne annuelle
Seuils d'information-recommandation et d'alerte	
	Information - recommandation : 200 µg/m³ en moyenne horaire
	Alerte : 400 µg/m³ en moyenne horaire

2.3.3. L'O₃

Objectif de qualité pour la santé humaine	
	120 µg/m³ en moyenne sur 8h
Seuils d'information-recommandation et d'alerte	
	Information - recommandation : 180 µg/m³ en moyenne horaire
	Alerte : 240 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3h consécutives

3. Mise en œuvre de la campagne

3.1. Le matériel

3.1.1. Les échantillonneurs passifs

Scal-Air a utilisé des échantillonneurs (tubes) passifs développés par le laboratoire Suisse PASSAM AG. La prestation sélectionnée auprès de PASSAM AG inclut la fourniture du matériel ainsi que l'analyse des tubes.

La mesure d'un polluant par échantillonnage passif est basée sur le piégeage des molécules de polluant sur un absorbant chimique (réactif). Les échantillonneurs utilisés sont constitués d'un cylindre en plastique contenant le réactif et dans lequel l'air ambiant circule par diffusion passive. La quantité en polluant absorbé est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'air durant la période d'exposition.

Les échantillonneurs passifs sont bien adaptés à la réalisation de campagnes de mesures des polluants atmosphériques dans l'air ambiant portant sur un nombre important de sites. Ils sont largement utilisés par les organismes chargés de la surveillance de la qualité de l'air en métropole et dans le monde.

L'avantage de ce type de matériel réside dans le fait qu'il ne nécessite aucune maintenance ni source d'énergie et que sa mise en œuvre est simple et peu coûteuse.



Installation des échantillonneurs passifs sur un point de mesure >>>

En revanche, ces dispositifs ne sont pas adaptés à la surveillance de la pollution de pointe, étant donné qu'ils fournissent des résultats moyens avec un « lissage » sur la durée d'exposition.

Les résultats fournis doivent être par conséquent interprétés avec précaution et ne peuvent être comparés aux seuils de référence concernant la pollution de pointe. En outre, les résultats n'ont pas le même degré de précision qu'un analyseur électronique, et doivent avant tout être pris comme indicatifs des niveaux moyens de polluants (ordre de grandeur).

Les tubes ont été disposés sur le terrain par le personnel de Scal-Air selon les recommandations du fabricant et le protocole habituellement utilisé par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), puis envoyés pour analyses au laboratoire. Au total, trois types d'échantillonneurs spécifiques pour chaque polluant ont été employés : SO_2 , NO_2 et O_3 .²

3.1.2. Les analyseurs automatiques

Quatre points de mesure correspondent aux lieux d'implantation des stations fixes du réseau de surveillance de la qualité de l'air : Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot et Anse Vata.

Les analyseurs utilisés fournissent en continu des valeurs ¼ horaire, qui sont des moyennes des concentrations en polluants dans l'air ambiant tous les quarts d'heures, selon les méthodes de mesure de référence applicables.

Sur ces quatre points et pour chaque polluant, il est possible de comparer les mesures réalisées par des échantillonneurs passifs avec les mesures faites en continu par les analyseurs et d'envisager éventuellement des ajustements en fonction des écarts constatés. Cette méthode constitue un moyen de vérification et de validation couramment utilisé par les organismes de surveillance de la qualité de l'air.

² Pour plus de détails, vous pouvez consulter le rapport d'étude : SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 - O_3 sur la ville de Nouméa – juin 2009, disponible sur www.scalair.nc

3.2. Les sites de mesures

Les points de mesures sont identiques à ceux de la première campagne réalisée en 2009. Deux points ont été ajoutés ce qui porte le nombre total de sites de mesure à 57. Il s'agit des points n° 35.3 et 35.4 situés sur la Rue Benebig.

La répartition des sites s'est initialement faite de façon équilibrée, par carroyage de la ville selon des carrés d'un kilomètre de côté.

Dans chaque carré, selon la ou les typologies majoritaires (trafic, industrielle ou urbaine), les emplacements précis des sites ont été choisis.

Pour chaque site de mesure, une des trois typologies a été attribuée, selon que le site soit urbain de fond (c'est-à-dire, sans aucune influence dominante), ou qu'il soit sous l'influence majoritaire du trafic ou de l'industrie³. Les sites périurbains ont été assimilés par approximation à des sites urbains de fond.

Contrairement à la campagne de juin 2009, chaque site de mesure a fait l'objet de doublons : 2 échantillonneurs passifs ont été installés pour chaque polluant mesuré. Au niveau des points « stations fixes », les échantillonneurs ont été triplés. Cette méthodologie a été adoptée dans le but de diminuer l'incertitude liée aux échantillonneurs passifs, intrinsèque au dispositif, et dans le but de détecter l'éventuel dysfonctionnement d'un tube. Pour chaque point de mesure et chaque polluant, le résultat (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est la moyenne des valeurs mesurées.

Le tableau ci-après présente la liste des points de mesure et leurs caractéristiques (numéro, nom, typologie de site et types de polluants mesurés).

Les polluants mesurés ont été prioritairement sélectionnés en fonction des caractéristiques du site : le dioxyde d'azote est principalement issu des émissions du trafic routier, le dioxyde de soufre est « traceur » des émissions industrielles et l'ozone est un polluant secondaire, se formant généralement en périphérie des centres urbains, au niveau des zones « vertes ».



³ Pour plus d'information sur la typologie, vous pouvez consulter le rapport d'étude : SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 - O_3 sur la ville de Nouméa – juin 2009 – Annexe 1 p.38.

Liste des sites de mesure et polluants mesurés

Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO2	NO2	O3
1	Tindu	Urbaine de fond	X	X	X
2	Kaméré	Urbaine de fond	X		X
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	X	X	X
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	X	X	X
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	X	X	X
9.1	Numbo	Industrielle	X	X	
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	X		
10.1	Station Logicoop	Industrielle	X	X	
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	X		
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	X		
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	X	X	
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	X	X	
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic		X	
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	X		
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	X		
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	X	X	
20.1	Station Montravel	Industrielle	X	X	
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	X	X	
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	X	X	
23	Rd-point Berthelot	Trafic	X	X	
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	X	X	
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	X		
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	X		
25.1	Parc Forestier	Urbaine de fond			X
25.2	Rue A. Ohlen - PdF	Trafic	X	X	
26	Rue Moreau - Aerodrome	Urbaine de fond			X
26.1	Magenta Aerodrome	Trafic	X	X	
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic		X	
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	X	X	X
30	Sénat coutumier	Industrielle	X		
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	X	X	X
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	X	X	
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	X	X	
34.1	Collège Vallée du Tir	Industrielle	X		
34.2	Ecole Petit Poucet - VDT	Industrielle	X		
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic		X	
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic		X	
35.2	Rue Mallarmé PdF	Urbaine de fond	X	X	
35.3	Rue Benebig vdc	Trafic		X	
35.4	Rue Benebig magenta	Trafic		X	
36	Univ. Magenta - Aerodrome	Trafic	X	X	X
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	X	X	
37.2	Place des cocotiers - CV	Urbaine de fond	X	X	X
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	X	X	
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	X	X	
39.1	Ecole C. Koch - VDC	Urbaine de fond	X		
39.2	R. Verteuil - Haut VDC	Urbaine de fond	X		X
40	Ecole M. Amiot - Magenta	Urbaine de fond			X
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	X	X	
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	X	X	X
48	Ecole Receiving	Urbaine de fond	X		X
49	Motor Pool	Trafic	X	X	
50	N'Géa	Urbaine de fond			X
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	X	X	X
52	Hippodrome	Industrielle	X	X	X
54	Ouen Toro	Urbaine de fond			X

Les 57 points de mesure sur la ville de Nouméa ⁴



⁴ Voir aussi la carte des sites par typologie en Annexe 2, p 49.

3.3. Déroulement sur le terrain

La mise en place des échantillonneurs passifs sur la ville s'est faite par le personnel de Scal-Air.

Les supports des tubes passifs (boîtes en plastique) ont été placés entre 2.5 et 3 m de hauteur, selon les recommandations du fabricant, en utilisant des appuis disponibles : (lampadaires, poteaux téléphoniques, enseignes, etc., en accord avec les services compétents.

Les tournées d'installation et de récupération des échantillonneurs ont été organisées de manière à ce que chaque tube ait été exposé durant une période de temps sensiblement identique.



Feuille de route pour l'installation et la récupération des tubes sur le terrain



Installation des boîtes et des échantillonneurs passifs

4. Résultats et commentaires

4.1. Influence de la météorologie

Les paramètres météorologiques susceptibles d'avoir une influence sur la concentration en polluants en un site donné sont avant tout la vitesse et la direction du vent, les précipitations éventuelles, la température de l'air et l'hygrométrie.

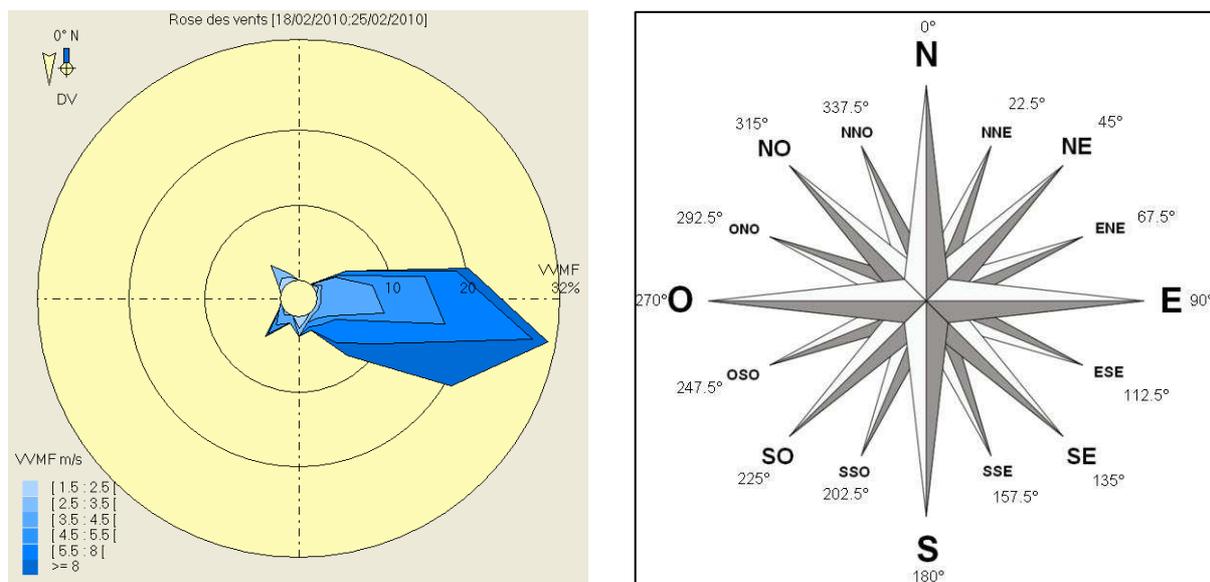
Les données correspondant aux conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesure sont issues des observations réalisées par Météo-France sur la station de Nouméa.

On sait, par exemple, que la pluie a pour effet le lessivage des polluants atmosphériques, ce qui a pour conséquence la diminution des concentrations en polluant dans l'air ambiant.

Une vitesse de vent élevée favorise la dispersion des polluants, tandis que des vents de faible puissance vont favoriser l'accumulation de polluants, notamment aux alentours des zones d'émission.

4.1.1. Directions et vitesses des vents dominants

Rose des vents sur la période d'étude, du 18 au 25 février 2010
d'après les données fournies par Météo France



Les vents dominants sur la période de mesure ont été essentiellement de secteurs Est-Nord-Est à Est-Sud-Est (environ 72% des vents totaux).

Avec environ 13 % des directions de vents totales, les vents de secteurs Ouest, favorisant la dispersion des polluants d'origine industrielle vers les zones les plus densément peuplées de la ville, représentent une faible part.

Les vents ont été moyens à forts, avec environ 65% des vitesses relevées supérieures à 4.5 m/s (9 nœuds). Ces conditions de vent sont représentatives des conditions majoritairement rencontrées dans l'année⁵.

⁵ Pour plus de détails sur la représentativité des conditions de vents, cf partie *Situation par rapport aux normes et aux mesures permanentes*, p. 40.

Répartition des vents par secteur géographique et par secteur de vitesse, sur la période d'étude, du 18 au 25 février 2010 (d'après les données fournies par Météo France)

	< 1.5	[1.5 : 2.5 [	[2.5 : 3.5 [	[3.5 : 4.5 [	[4.5 : 5.5 [	[5.5 : 8 [	≥ 8	Cumul
[350 : 10 [	0.5							
[10 : 30 [
[30 : 50 [
[50 : 70 [		0.5	0.5	2.1	0.5	1.1		4.8
[70 : 90 [			0.5	7.0	7.0	4.3	1.6	20.3
[90 : 110 [			0.5	8.6	8.0	11.8	2.1	31.0
[110 : 130 [			0.5	1.6	1.1	6.4	11.2	20.9
[130 : 150 [			0.5	0.5	1.1	3.2	2.1	7.5
[150 : 170 [	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5		2.1
[170 : 190 [	0.5	1.6	1.1					2.7
[190 : 210 [	0.5			1.1				1.1
[210 : 230 [			0.5	1.6	1.6	0.5		4.3
[230 : 250 [				0.5				0.5
[250 : 270 [	0.5							
[270 : 290 [
[290 : 310 [		0.5						0.5
[310 : 330 [		1.1	2.1					3.2
[330 : 350 [		0.5	0.5					1.1
Cumul	2.7	4.8	7.5	23.0	19.8	27.8	17.1	100 %

4.1.2. Température, pluviométrie, hygrométrie

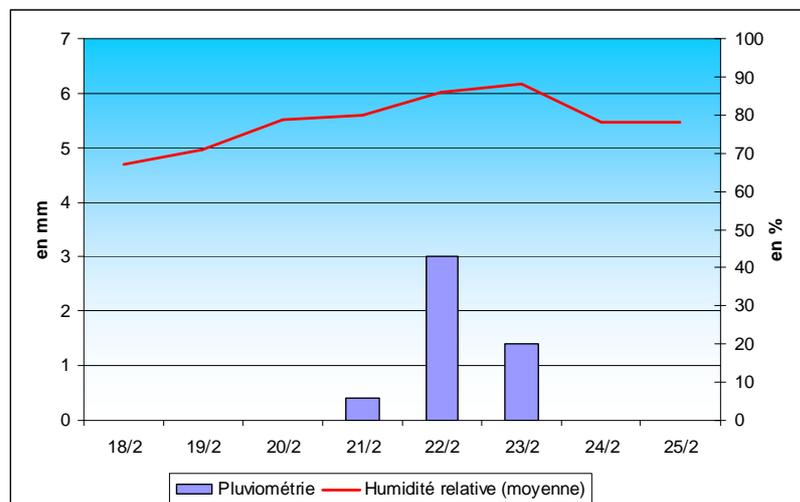
Précipitations à Nouméa entre le 18 et le 25 février 2010

Avec moins de 5 mm de pluie enregistrés sur la période de la campagne, les précipitations ont été plutôt faibles. Le temps a globalement été nuageux à ensoleillé. Les précipitations ont été nulles en début et fin de période et faibles mais présentes en milieu de période. La pluie observée laisse penser que la pollution moyenne est légèrement inférieure à celle qui aurait été mesurée sur la même période par temps sec.

	pluiMF m m	HR %	tempMF degreC
18/02/2010	0.0	67	25.1
19/02/2010	0.0	71	24.9
20/02/2010	0.0	79	25.9
21/02/2010	0.4	80	26.0
22/02/2010	3.0	86	26.3
23/02/2010	1.4	88	26.3
24/02/2010	0.0	78	27.6
25/02/2010	0.0	78	27.4

Les températures enregistrées correspondent à la moyenne pour la saison.

Précipitations enregistrées sur Nouméa du 18 au 25 février 2009 et humidité relative, d'après les données fournies par Météo France



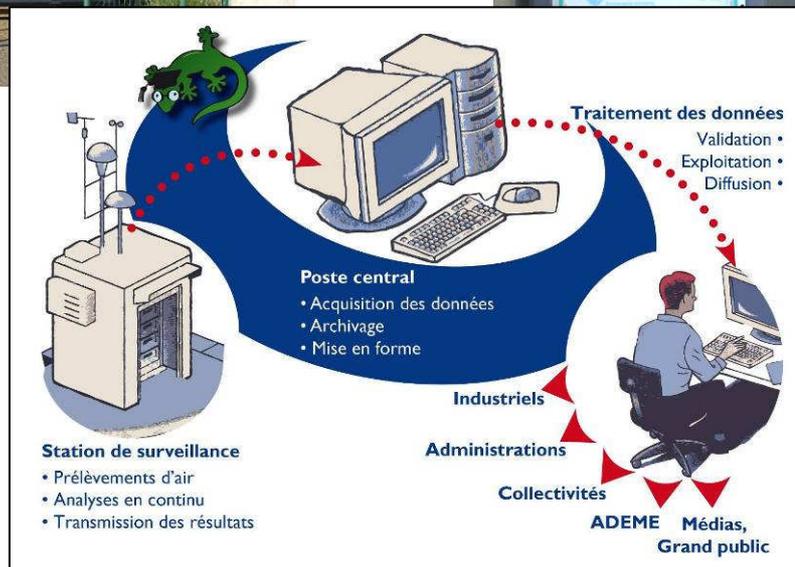
4.2. Résultats : les données brutes

Contrairement aux analyseurs automatiques qui fournissent des valeurs des concentrations toutes les 15 min, les tubes passifs ne permettent pas de visualiser les variations de concentration au cours de la campagne.

En effet, les mesures par échantillonnage passif permettent uniquement de connaître les valeurs moyennes des concentrations en polluants mesurés.

Les résultats suivants (tableau page 19) sont issus des concentrations moyennes (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par polluant et par tube fournis par le laboratoire d'analyse (*Passam AG*).

En pratique, ces concentrations par polluant et par site ont été calculées en faisant la moyenne des valeurs des différents tubes spécifiques d'un polluant sur chaque site (en général, 2 tubes par polluant sur chaque site, et 3 tubes par polluant au niveau de chaque station fixe). La plupart du temps, les valeurs des doublets ou triplets sont cohérentes, ce qui rassure quant à la fiabilité du dispositif de mesure.



Les mesures par analyseur sont recueillies en temps réel par le système d'acquisition.

A : Station de mesure (Faubourg Blanchot)

B : Intérieur d'une station de mesure

C : Intérieur d'un analyseur à SO_2



N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	O3 (µg/m3)
1	Tindu	Urbaine de fond	8.5	3.4	15.0
2	Kaméré	Urbaine de fond	degrad	degrad	degrad
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	1.0	8.8	14.7
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	3.6	20.6	14.9
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	3.8	4.9	17.0
9.1	Numbo	Industrielle	14.1	7.6	/
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	31.2	/	/
10.1	Station Logicoop	Industrielle	9.3	4.3	/
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	27.7	/	/
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	6.7	/	/
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	0.4	19.5	/
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	1.9	5.0	/
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	/	13.0	/
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	26.6	/	/
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	28.2	/	/
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	6.6	12.1	/
20.1	Station Montravel	Industrielle	0.3	3.4	/
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	0.3	8.2	/
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	1.0	15.5	/
23	Rd-point Berthelot	Trafic	0.3	25.5	/
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	0.9	12.3	/
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	0.3	/	/
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	0.8	/	/
25.1	Parc Forestier	Urbaine de fond	/	/	18.6
25.2	Rue A. Ohlen - PdF	Trafic	1.1	6.3	/
26.0	Rue Moreau - Aerodrome	Urbaine de fond	/	/	18.2
26.1	Magenta Aerodrome	Trafic	1.3	3.6	/
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	/	6.8	/
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	4.5	3.5	21.3
30	Sénat coutumier	Industrielle	1.4	/	/
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	0.5	7.9	20.2
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	2.3	9.8	/
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	0.3	15.1	/
34.1	Collège Vallée du Tir	Industrielle	0.3	/	/
34.2	Ecole Petit Poucet - VDT	Industrielle	0.3	/	/
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic	/	11.1	/
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	/	20.2	/
35.2	Rue Mallarmé PdF	Urbaine de fond	0.6	3.2	/
35.3	Rue Benebig vdc	Trafic	/	13.5	/
35.4	Rue Benebig magenta	Trafic	/	14.9	/
36	Univ. Magenta - Aerodrome	Trafic	2.7	8.7	20.2
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	1.3	23.0	/
37.2	Place des cocotiers - CV	Urbaine de fond	/	/	17.6
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	3.2	17.6	/
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	5.3	9.0	/
39.1	Ecole C. Koch - VDC	Urbaine de fond	0.4	/	/
39.2	R. Verteuil - Haut VDC	Urbaine de fond	1.6	/	16.2
40	Ecole M. Amiot - Magenta	Urbaine de fond	/	/	17.4
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	0.9	18.4	/
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	0.8	3.3	17.0
48	Ecole Receiving	Urbaine de fond	0.3	/	21.2
49	Motor Pool	Trafic	3.3	9.8	/
50	N'Géa	Urbaine de fond	/	/	18.4
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	0.4	2.5	20.7
52	Hippodrome	Industrielle	0.9	6.7	19.8
54	Ouen Toro	Urbaine de fond	/	/	25.4

4.3. Validation des données

Afin d'exploiter rigoureusement les résultats de la campagne, il est nécessaire de s'assurer de la validité des données et de la qualité des mesures. Il n'existe pas de méthode statistique largement acceptée pour valider les données terrain et seule l'expertise humaine peut permettre la validation finale. Néanmoins, certaines méthodes peuvent servir de guide à la décision.

L'analyse des blancs permet d'évaluer et de prendre en compte l'éventuelle contamination des tubes aux différentes étapes de la campagne.

Des méthodes statistiques permettent de corriger les données brutes.

4.3.1. Incertitudes et erreurs de mesure

4.3.1.1. Les sources

De nombreux facteurs sont sources d'incertitude et/ou d'erreurs de mesure. Certains sont liés à la mise en œuvre de la campagne, d'autres à la méthode de mesure elle-même. On peut citer notamment :

- Les modalités de transport et de conservation des tubes,
- Les conditions extérieures (température, hygrométrie, vent...),
- Les phénomènes localisés pouvant intervenir à proximité du tube ou à l'intérieur de celui-ci (insectes, introduction d'eau, feu à proximité...),
- La méthode d'analyse des tubes,
- La méthode de calcul des résultats, dans lequel entre en jeu de nombreux paramètres (débit d'échantillonnage, conditions ambiantes...).

A titre d'information, selon les données du fournisseur Passam AG, l'incertitude maximale de mesure pour chaque type de tube est de :

- 19% pour le NO₂, sans distinction de concentration,
- 57 % pour le SO₂, pour des concentrations mesurées inférieures à 10 µg/m³,
- 20 % pour l'ozone.

4.3.1.2. Les précautions pour limiter les incertitudes

Afin de limiter les incertitudes et les erreurs de mesure, un certain nombre de précautions ont été prises, et ce, dès la première campagne par échantillonnage passif réalisée en juin 2009.

Les protocoles utilisés lors de cette deuxième campagne sont identiques à ceux mis en place lors de la campagne 2009. On peut citer notamment :

- le conditionnement des tubes (pièce climatisée / réfrigérateur),
- le transport dans des compartiments thermiquement isolés et protégeant de la chaleur,
- les modes d'installation et de récupération des tubes selon les recommandations de fournisseur.

Des améliorations ont également été apportées :

- Diminution du temps d'attente entre la récupération et l'analyse des tubes,
- Mise en place de doublons : pour chaque site de mesure, deux tubes spécifiques d'un polluant ont été installés. Ainsi, pour chaque point de mesure, deux valeurs sont disponibles et une moyenne peut être calculée. En 2009, un seul tube par polluant avait été installé.
- Mise en place sur les points de mesure « station » de triplés : ces points de mesure servant de référence pour la correction des résultats bruts par comparaison aux données analyseurs. Les corrections apportées sont d'autant plus précises que les mesures par tube sont nombreuses.

4.3.2. Analyse des échantillonneurs passifs « blancs »

Afin de vérifier que les échantillonneurs passifs n'ont pas été contaminés, des tubes « blancs » ont été utilisés. Ces tubes sont identiques à ceux utilisés sur les points de mesure mais ne sont pas exposés à l'air ambiant.

Les blancs de laboratoire restent au lieu de stockage des tubes durant toute la campagne de mesure (pièce climatisée ou réfrigérateur).

Les blancs de "terrain" suivent le même parcours de distribution que les tubes de mesure mais ne sont pas exposés à l'air ambiant.

- SO₂ : 1 blanc laboratoire et 4 blancs de terrain,
- NO₂ : 1 blanc de laboratoire et 2 blancs de terrain,
- O₃ : 2 blancs de laboratoire et 4 blancs de terrain.

Résultats en µg/m³ :

Type de blanc	SO ₂	NO ₂	O ₃
Laboratoire	0	0	0 ; 0.7
Moyenne laboratoire	0	0	0.4
Terrain	0 ; 0.5 ; 0 ; 5.4	0 ; 0	0 ; 0.9 ; 0 ; 0
Moyenne terrain	1.5	0.0	0.2

Les valeurs des blancs de laboratoire sont nulles ou très faibles pour tous les polluants, signe de l'absence de contamination au niveau du lieu de stockage des tubes ou de réaction parasite.

Même constat pour ce qui concerne les blancs de terrain, à l'exception d'une valeur plus élevée que les autres (5.4 µg/m³) pour le SO₂. Cette valeur étant isolée, on peut estimer que la contamination est également nulle ou très faible pour les blancs de terrain.

4.3.3. Validation et correction des données brutes par comparaison aux données mesurées par les analyseurs automatiques

4.3.3.1. Validation des données brutes

La comparaison des résultats issus des tubes passifs placés aux niveaux des stations fixes, aux mesures fournies par les analyseurs automatiques de référence, permet de valider ou d'invalider les échantillonnages passifs, et d'apporter éventuellement des corrections aux valeurs et résultats bruts obtenus.

Le tableau suivant permet, pour chaque point de mesure « station », de comparer les valeurs « tubes » aux valeurs « analyseurs ».

N°emplacement	Données	SO₂ (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	O₃ (µg/m³)
43	Station FB - tubes	0.8	3.3	17.0
	Station FB - analyseurs	1.4	2	12.1
	Ecart relatif (en %)	-42.9%	65.0%	40.5%
51	Station AV - tubes	0.4	2.5	20.7
	Station AV - analyseurs	0.7	1.5	13
	Ecart relatif (en %)	-42.9%	66.7%	59.2%
10.1	Station LGC - tubes	9.3	4.3	
	Station LGC - analyseurs	11.3	2.5	
	Ecart relatif (en %)	-17.7%	72.0%	
20.1	Station MTR - tubes	< 0.3	3.4	
	Station MTR - analyseurs	1.2	1.8	
	Ecart relatif (en %)	-75.0%	88.9%	
moyenne ER par polluant (en %)		-44.6%	73.1%	49.9%

Pour le SO₂, les valeurs des données échantillonneurs passifs sont inférieures au seuil de détection (< 0.3 µg/m³) pour la station de Montravel et de manière générale, plus faibles que celles des analyseurs automatiques sur la période de mesure. L'écart moyen est de 45 %, ce qui représente une sous estimation du même ordre de grandeur que celui de l'incertitude de mesure par tubes passifs SO₂ (selon le fournisseur, 57 % pour des concentrations mesurées inférieures à 10 µg/m³).

De manière générale, l'incertitude de mesure augmente d'autant plus que la concentration en polluant SO₂ est faible : Les niveaux de SO₂ de Logicoop étant les plus forts, il est logique que l'écart analyseur / tube soit le plus faible sur ce point de mesure : 17.7 %.

L'importance des écarts est à mettre en lien avec les faibles valeurs mesurées : la différence de mesure entre 2 et 4 µg/m³ est faible en termes de concentration dans l'air ambiant, mais mathématiquement importante (écart de 100%).

Par ailleurs, l'incertitude de mesure, même dans le cas d'un analyseur automatique, est importante pour les faibles valeurs. Pour des valeurs inférieures à 5 µg/m³, la précision des analyseurs automatiques de SO₂ ne permet pas de donner une valeur exacte certaine⁶. Selon le constructeur, le seuil de détection de l'analyseur de SO₂ utilisé est de 1 ppb, soit environ 3 µg/m³.

⁶ ADEME. Règles et recommandations en matière de : validation de données, critères d'agrégation et paramètres statistiques. 2003. p.51 : concentration minimale détectable selon la norme ISO 11843-1(1997).

Pour le NO₂, les valeurs des données échantillonneurs passifs sont supérieures à celles des analyseurs sur la période de mesure. L'écart moyen est de 73.1 %, ce qui représente une surestimation importante des mesures par tubes passifs.

Les écarts varient de 65 à 89 % selon les points de mesure. Ces écarts sont importants comparés à la valeur d'incertitude maximale fournie par le constructeur (19 % pour le NO₂ sans distinction de concentration) mais cependant relativement stable. Ces écarts s'expliquent notamment par la faiblesse des valeurs mesurées : tout comme pour le SO₂, la différence de mesure entre 1 et 2 µg/m³ est faible en termes de concentration dans l'air ambiant, mais mathématiquement importante (écart de 100%).

Par ailleurs, pour des valeurs inférieures à 4 µg/m³, la précision des analyseurs automatiques de NO₂ ne permet pas de donner une valeur exacte certaine⁷. Selon le constructeur, le seuil de détection de l'analyseur de NO₂ utilisé est de 0.4 ppb, soit 0.5 µg/m³.

Pour l'O₃, les valeurs des données échantillonneurs passifs sont supérieures à celles des analyseurs sur la période de mesure. L'écart moyen est de 49.9 % comparé à la valeur d'incertitude du fournisseur (20%), ce qui représente une surestimation importante des mesures par tubes passifs.

Les écarts aux deux points de mesure sont néanmoins relativement stables.

4.3.3.2. Correction des données brutes

Il est connu que les facteurs extérieurs, tels que la température ou le taux d'humidité de l'air, influencent le fonctionnement des échantillonneurs passifs (débit de diffusion, réactions chimiques...).

Il apparaît que les tubes passifs peuvent dans certains cas sous estimer ou sur estimer les concentrations présentes dans l'air ambiant par rapport aux analyseurs automatiques installés dans les stations.

Afin de pouvoir comparer les résultats de la présente campagne de mesure à celle de 2009, **la même méthode de correction des résultats bruts a été utilisée.**

Cette correction s'inspire de recommandations formulées dans le guide « échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote⁸ » et prend comme références les données fournies en continu par les analyseurs automatiques. Bien que l'application de cette méthode se discute pour les paramètres NO₂ et SO₂, du fait des incertitudes importantes liées à des valeurs très faibles mesurées au niveau des analyseurs automatiques et des tubes passifs, les corrections ont été appliquées dans un but d'homogénéité à la campagne de juin 2009.

Ainsi, les corrections qui ont été apportées sont faites en regard des données des analyseurs.

En prenant comme référence les quatre points de mesure équipés d'analyseurs, il est ainsi possible d'estimer la relation linéaire entre :

- La masse échantillonnée par les tubes sur chaque station (m),
- Le temps d'exposition (t),
- La concentration moyenne relevée sur ce site par l'analyseur dans le même temps (C).

D'après le guide de l'ADEME, cette relation est du type :

$$C = k \times (m/t) + b$$

⁷ ADEME. Règles et recommandations en matière de : validation de données, critères d'agrégation et paramètres statistiques. 2003. p.51 : concentration minimale détectable selon la norme ISO 11843-1(1997).

⁸ ADEME, LCSQA, Fédération Atmo. Échantillonnage passifs pour le dioxyde d'azote. Guide rédigé par le groupe de travail des AASQA. Paris, 2002

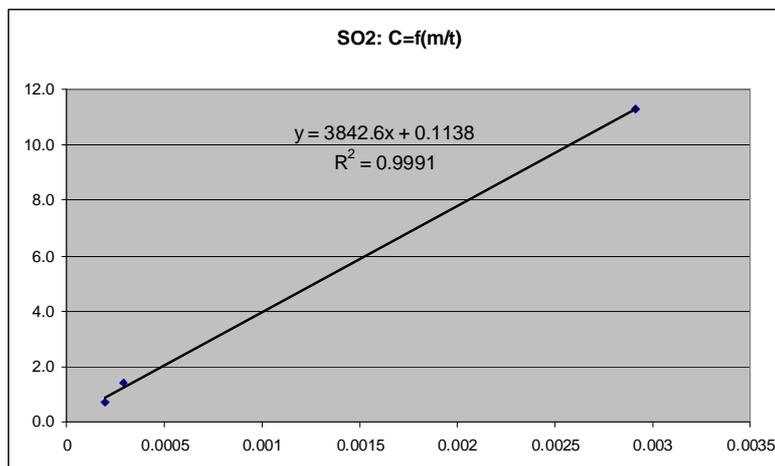
En travaillant sur les 4 points de mesure pendant la période de la campagne t, on peut ainsi déterminer graphiquement les constantes k et b, pour les appliquer à l'ensemble des résultats bruts (masses m) fournis par le laboratoire.

On obtient ainsi une série de données corrigées, par intercomparaison avec les analyseurs.

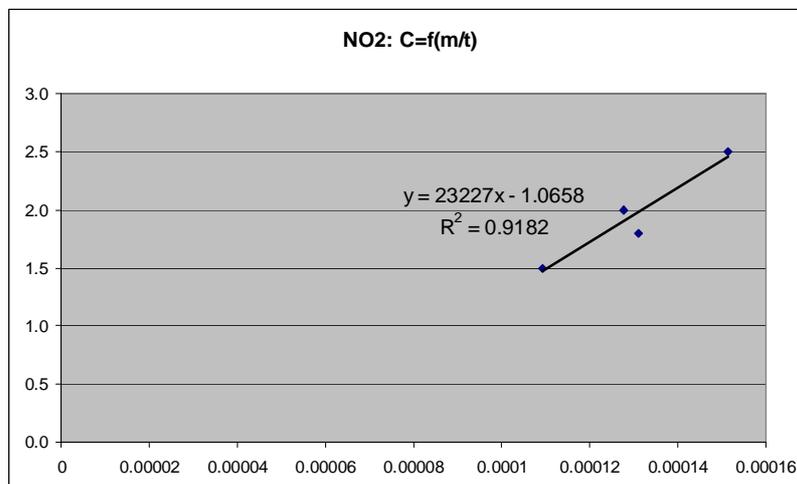
Ces corrections sont très sommaires et ne permettent en aucun cas de considérer les résultats corrigés comme des valeurs complètement fiables. Il faut considérer les mesures par tubes comme des résultats indicatifs, avant tout comparables entre eux.

A noter que ce type de correction « influence » l'ensemble des valeurs brutes de la même manière : les valeurs corrigées restent comparables entre elles sans modifier l'ordre d'impact par polluant. Seule la valeur absolue est ajustée.

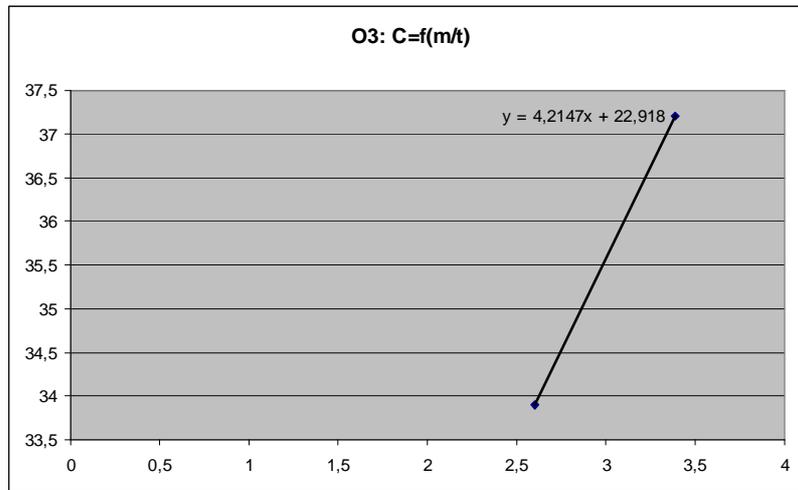
Pour le SO₂, la donnée corrective correspondant à la station de Montravel a été volontairement écartée. En effet, la valeur mesurée par tube passif, (valeurs sur les 3 tubes inférieurs au seuil de détection), est probablement la cause de l'écart de mesure tube / analyseur de 75%, modifiant la tendance corrective globale.



Pour le NO₂, malgré l'importance des écarts de mesure entre analyseurs et tubes passifs (par ailleurs expliqués par les très faibles valeurs mesurées), la correction a également été appliquée, notamment par souci d'homogénéité, et de manière à pouvoir comparer les résultats à ceux de la campagne de mesure réalisée en 2009.



Pour le O₃, la correction se fait en regard des deux points de mesure comportant des analyseurs automatiques (station du Faubourg Blanchot et de l'Anse Vata).



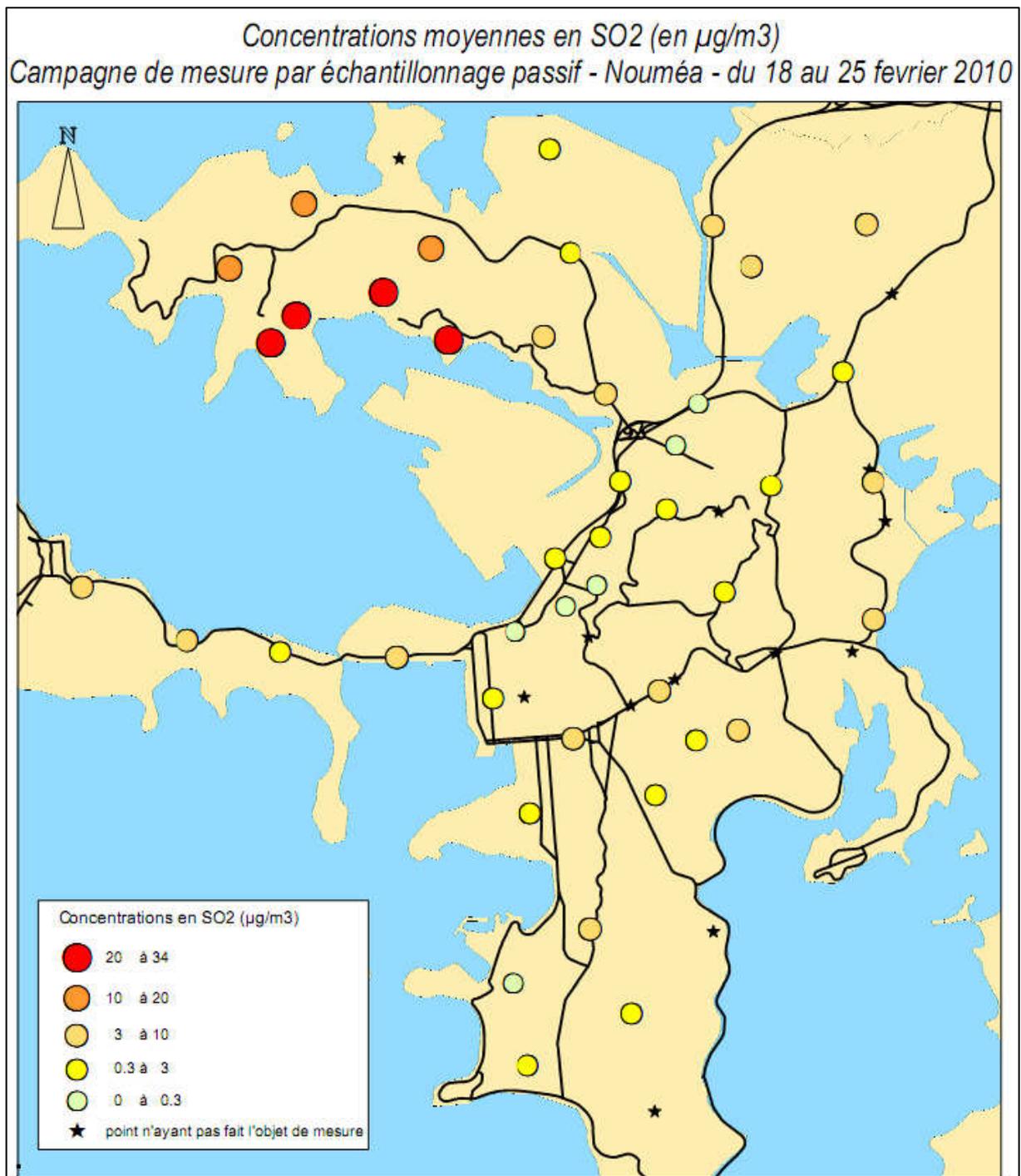
4.3.4. Résultats : les données corrigés

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	O3 (µg/m3)
1	Tindu	Urbaine de fond	10.4	2.0	11.6
2	Kaméré	Urbaine de fond	degrad	degrad	degrad
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	2.8	4.8	11.5
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	5.4	11.2	11.5
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	5.6	2.7	12.1
9.1	Numbo	Industrielle	16.2	4.2	/
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	33.8	/	/
10.1	Station Logicoop	Industrielle	11.3	2.4	/
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	30.2	/	/
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	8.6	/	/
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	1.3	10.6	/
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	3.6	2.8	/
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	/	7.1	/
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	29.1	/	/
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	30.7	/	/
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	8.5	6.6	/
20.1	Station Montravel	Industrielle	0.3	2.0	/
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	0.3	2.0	/
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	2.8	8.4	/
23	Rd-point Berthelot	Trafic	1.2	13.8	/
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	2.7	6.8	/
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	1.2	/	/
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	1.7	/	/
25.1	Parc Forestier	Urbaine de fond	/	/	12.5
25.2	Rue A. Ohlen - Pdf	Trafic	2.8	3.5	/
26.0	Rue Moreau - Aerodrome	Urbaine de fond	/	/	12.4
26.1	Magenta Aerodrome	Trafic	3.1	2.1	/
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	/	3.8	/
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	6.3	2.0	13.2
30	Sénat coutumier	Industrielle	3.2	/	/
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	2.2	4.4	12.9
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	4.1	5.4	/
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	0.3	8.3	/
34.1	Collège Vallée du Tir	Industrielle	0.3	/	/
34.2	Ecole Petit Poucet - VDT	Industrielle	0.3	/	/
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic	/	6.1	/
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	/	11.0	/
35.2	Rue Mallarmé Pdf	Urbaine de fond	2.3	1.9	/
35.3	Rue Benebig vdc	Trafic	/	7.4	/
35.4	Rue Benebig magenta	Trafic	/	8.1	/
36	Univ. Magenta - Aerodrome	Trafic	4.5	4.7	12.9
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	3.0	12.4	/
37.2	Place des cocotiers - CV	Urbaine de fond	/	/	12.2
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	5.0	9.6	/
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	6.3	5.0	/
39.1	Ecole C. Koch - VDC	Urbaine de fond	1.2	/	/
39.2	R. Verteuil - Haut VDC	Urbaine de fond	3.4	/	11.9
40	Ecole M. Amiot - Magenta	Urbaine de fond	/	/	12.2
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	2.6	10.0	/
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	1.3	1.9	12.1
48	Ecole Receiving	Urbaine de fond	0.3	/	13.2
49	Motor Pool	Trafic	5.2	5.4	/
50	N'Géa	Urbaine de fond	/	/	12.5
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	1.0	1.5	13.0
52	Hippodrome	Industrielle	1.8	3.7	12.8
54	Ouen Toro	Urbaine de fond	/	/	14.2

4.4. Représentations cartographiques et interprétations

Les représentations cartographiques ci-après ont été réalisées à partir des données corrigées des concentrations. Au fur et à mesure des campagnes, l'expérience accumulée permettra d'affiner l'analyse de ces données, notamment par comparaison des campagnes et des conditions météorologiques.

4.4.1. Dioxyde de soufre (SO₂)



4.4.1.1. Analyse

On observe que les points faisant l'objet des concentrations les plus élevées sont situés au nord-ouest de la ville : quartiers de Ducos, Logicoop et Numbo.

Les quartiers les moins impactés se trouvent globalement au centre de la ville : Centre Ville, Vallée du Tir, Montagne Coupée, Montravel et Porte de Fer.

Des concentrations moyennes (3 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été mesurées au niveau de quartiers périphériques de Nouméa : secteur de Nouville, Magenta Aéroport et Rivière Salée.

La moyenne sur Nouméa est de 6.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la semaine.

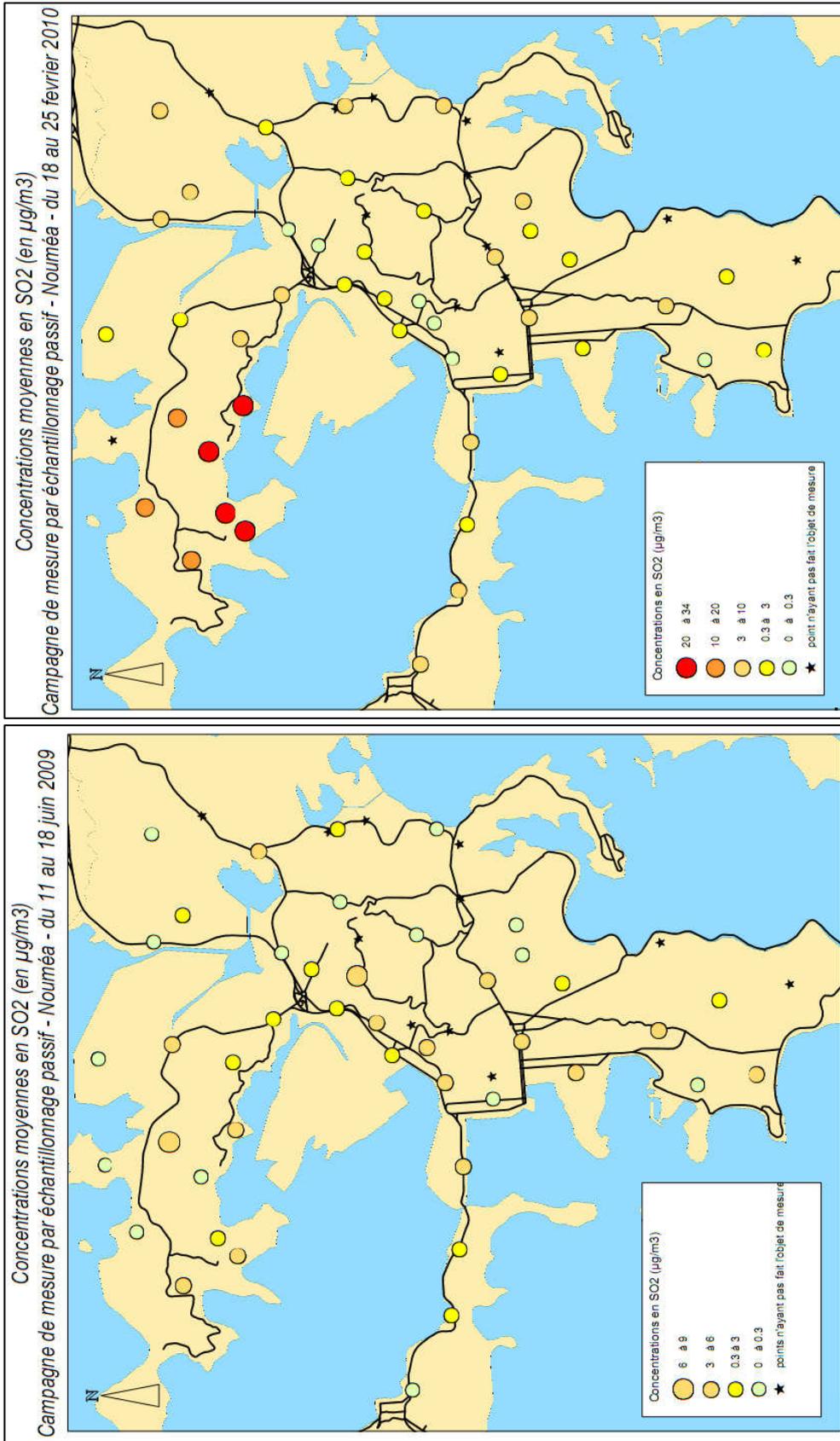
Ces résultats sont à mettre en lien avec les conditions de vents rencontrées durant la campagne de mesure. En effet, il a été observé que la dispersion du panache industriel du site de Doniambo, source majoritaire d'émission en dioxyde de soufre, se faisait de manière très directive. Du 18 au 25 février 2010, les vents ont principalement été de secteurs Est (Est-Nord-Est à Est-Sud-Est). Ces conditions (vent d'Est-Sud-Est) sont favorables à la dispersion du panache industriel vers les quartiers les plus touchés, d'après les résultats des mesures, par la pollution au dioxyde de soufre (Ducos, Logicoop et Numbo).

La valeur la plus importante de 33.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concerne le point de mesure situé à l'anse N'Du (terrain de cricket). Les 4 points de mesure situés autour de l'Anse N'Du comptent les niveaux les plus élevés, tous situés autour de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A noter que pour certains points faisant l'objet de concentrations moyennes, une contribution du trafic routier est également possible, bien que la teneur en soufre des essences soit très faibles : Vallée des Colons – Centre Ville (rue Benebig – Avenue de la Victoire), Magenta Aéroport. Pour ce dernier quartier, à noter la proximité de l'aéroport faisant notamment l'objet de plusieurs rotations par jour.

Le relief très présent sur Nouméa est un facteur important dans les phénomènes de dispersion des polluants. Au niveau des vallées, il peut contribuer à la formation de « cuvettes » d'air stable, favorisant l'accumulation de polluants. En zone de crête (les points de plus hautes altitudes), les vents sont souvent les plus forts, ce qui favorisent la dispersion des polluants. On peut noter la différence de niveaux entre les points situés de part et d'autre de la ligne de crête de la presqu'île de Ducos : les points situés au nord de la ligne de crête (se trouvant « cachés » du secteur de Doniambo) affichent des valeurs 2 à 3 fois inférieures comparativement aux points situés au sud de la ligne de crête (en vis-à-vis direct par rapport à la zone industrielle).

4.4.1.2 Comparaison à la campagne de mesure de juin 2009



NB : les couleurs des légendes ont été homogénéisées de manière à pouvoir comparer les deux cartes.

Les concentrations mesurées sont en moyenne plus fortes que celles de 2009 ($6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur la ville contre $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009). Les valeurs maximales mesurées sont par ailleurs beaucoup plus élevées : si les concentrations de la campagne 2009 ne dépassaient pas les $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, elles atteignent plus de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour cette campagne 2010.

L'influence des émissions de polluant

Le complexe industriel de Doniambo étant l'émetteur principal de SO_2 , la variabilité des émissions⁹ a une influence sur les concentrations mesurées. L'influence des émissions sur les concentrations dans l'air ambiant a été mise en évidence, notamment dans le cas d'épisode de pollution par le dioxyde de soufre. L'utilisation de fioul TBTS¹⁰ a pour effet de limiter les concentrations de SO_2 dans l'air ambiant. Pendant la durée de la campagne, la centrale électrique du site a fonctionné partiellement avec du fioul à très basse teneur en soufre, ce qui a pour effet de réduire les émissions de SO_2 . D'après les données fournies par l'industriel, ce mode de fonctionnement concerne environ 11% de la durée de la campagne en 2010 contre 43% pour la campagne de juin 2009.

Ce facteur d'émission explique en partie les valeurs de SO_2 élevées de la campagne 2010.

L'influence des conditions de dispersion

Ces écarts peuvent s'expliquer également par les différentes conditions météorologiques rencontrées au moment des campagnes :

Campagne juin 2009	Campagne février 2010
Vents de secteurs très variables	Vents de secteur Est-Sud-Est majoritaire
Vents faibles majoritaires : 82% des vitesses de vent entre 1.5 à 4.5 m/s [entre 3 et 9 kt]	Vents forts majoritaires : 65 % des vitesses de vent supérieures à 4.5 m/s [9 kt], dont 69 % supérieures à 5.5 m/s [11 kt]
>>> Tendance à la dispersion des polluants dans toutes les directions	>>> Tendance à la dispersion des polluants vers le Nord-Ouest de la Ville

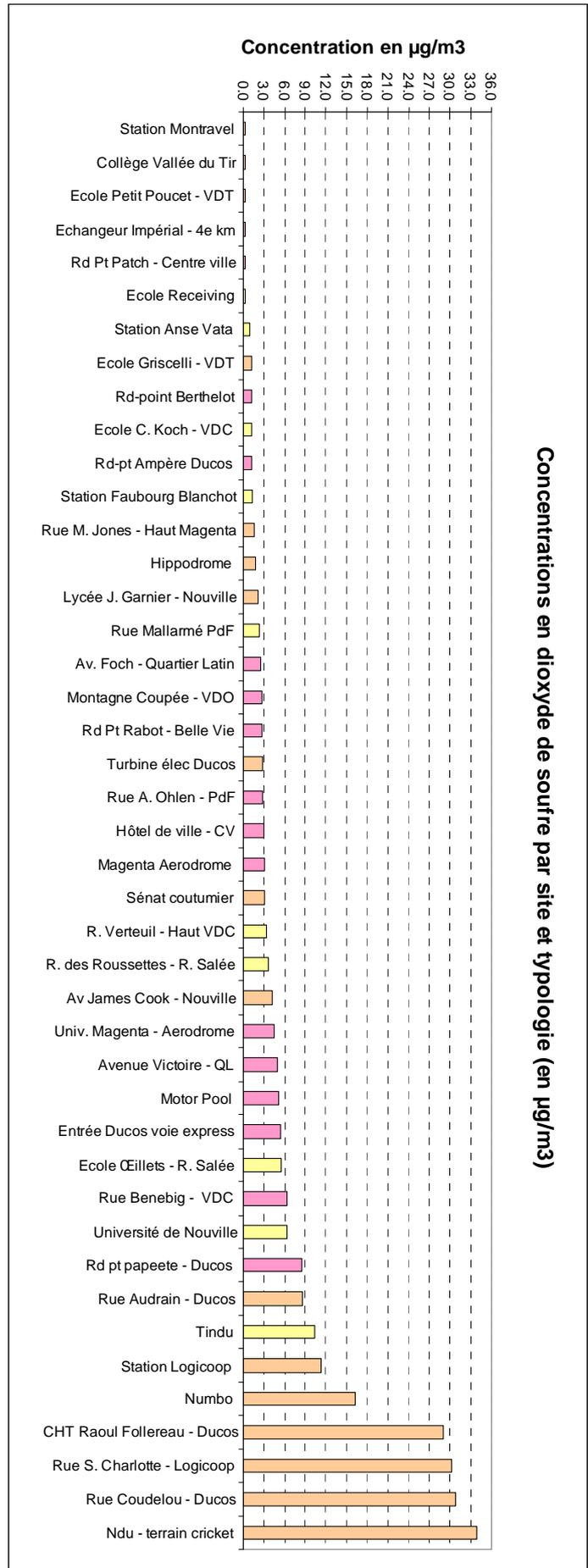
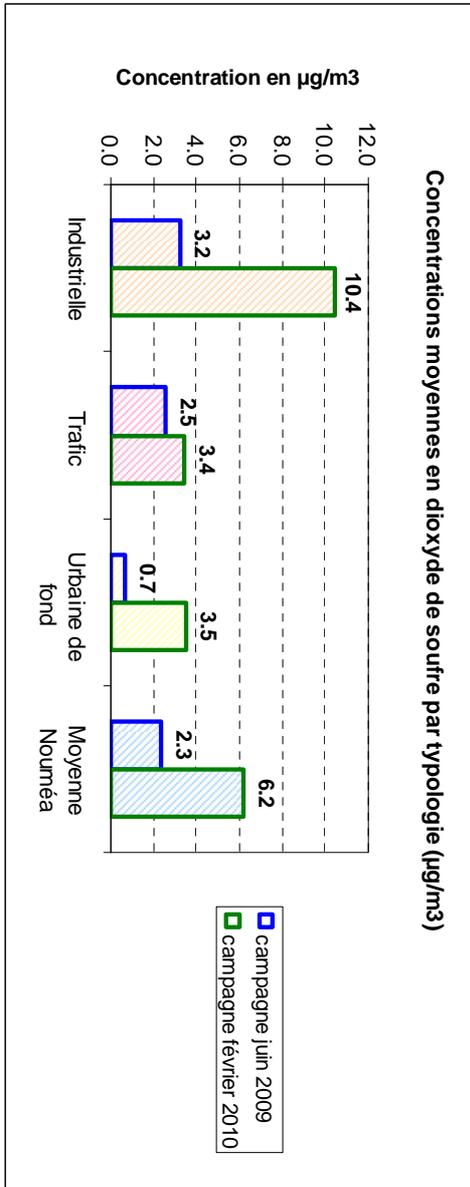
En ce qui concerne les points de mesure correspondant aux stations fixes, le constat établi lors de la campagne 2009 se confirme : Logicoop affiche la valeur la plus élevée ($11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et Montravel la plus faible ($0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les points du Faubourg Blanchot et de l'Anse Vata affichent des valeurs également très faibles (autour de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les graphiques suivants détaillent les résultats obtenus par site et par typologie. Ils montrent que les niveaux de SO_2 les plus importants touchent uniquement des sites de typologie industrielle.

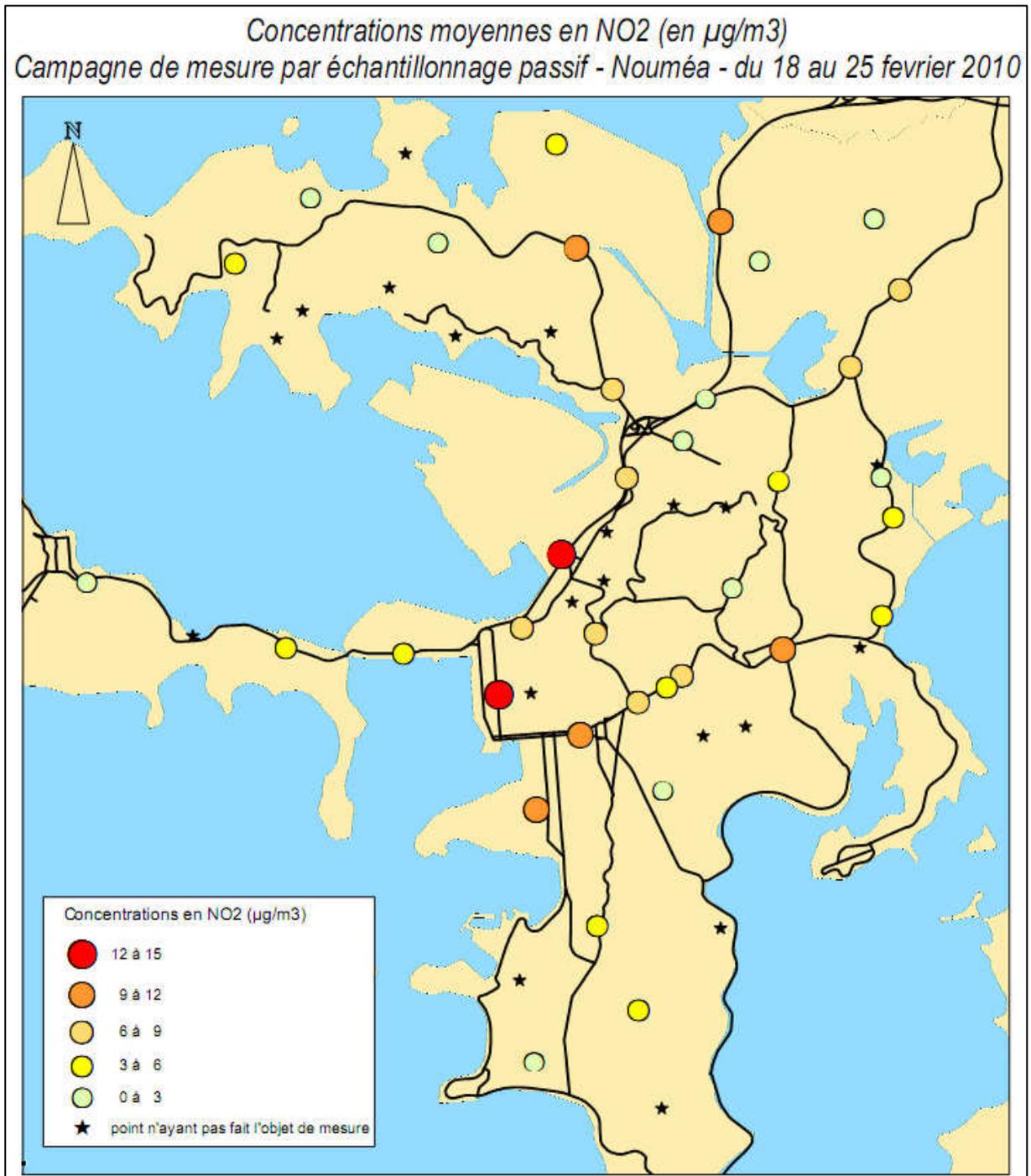
⁹ Ce qui est directement rejeté dans l'air

¹⁰ Très Basse Teneur en Soufre

Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond



4.4.2. Dioxyde d'azote (NO₂)



4.4.2.1. Analyse

De manière générale, les points faisant l'objet des plus fortes concentrations sont situés aux abords des ronds-points et artères de circulation principales de la ville : quartier Centre Ville, le long de la voie express (VDO), l'avenue de la Victoire, la rue Benebig (VDC), la route de la Baie des dames (ZI Ducos).

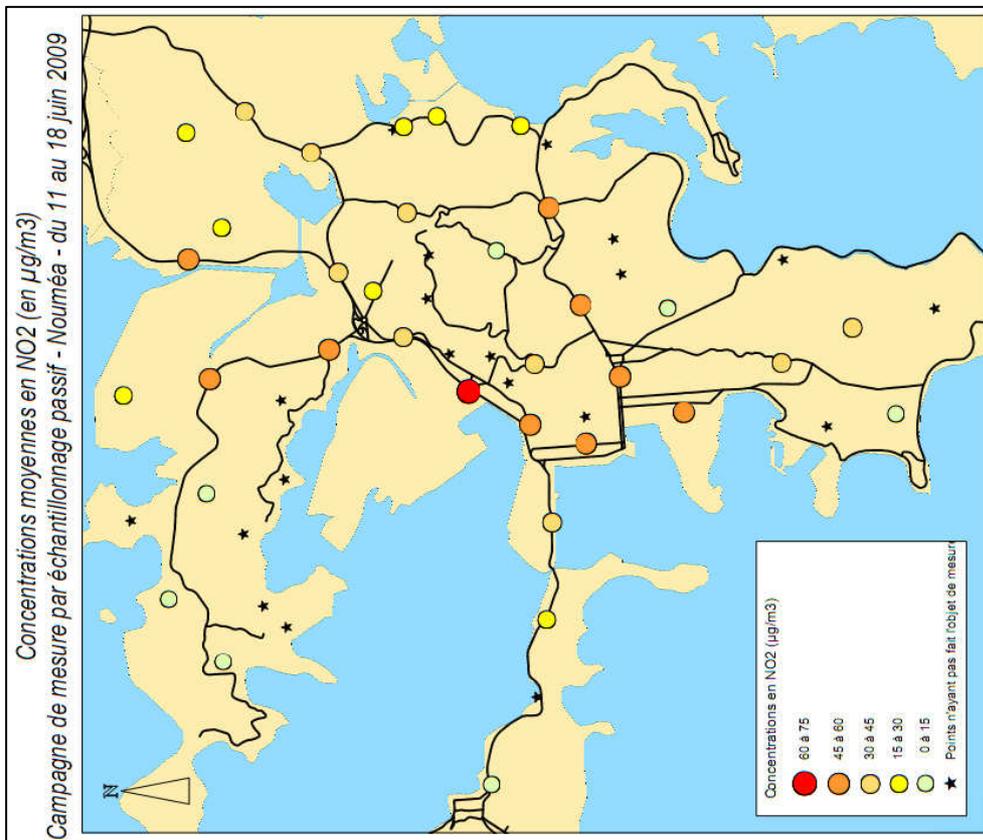
La concentration moyenne sur Nouméa est de $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A l'image de la campagne de juin 2009, c'est le point n°23 (rond point Berthelot sur la VDO) qui affiche la concentration la plus forte avec $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($71,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en juin 2009).

Les quartiers périphériques de Nouméa, (Nouvelle, Logicoop-Numbo, le Sud et l'Est) font l'objet des concentrations les plus faibles.

Les niveaux mesurés sur les stations fixes du réseau de Scal-Air sont très faibles (de l'ordre de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), comparés aux tubes placés en proximité du trafic routier (de l'ordre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.4.2.2. Comparaison à la campagne de mesure de juin 2009



NB : les couleurs des légendes ont été homogénéisées de manière à pouvoir comparer les deux cartes.

On observe une stabilité des points les plus impactés entre les campagnes de juin 2009 et février 2010. Cela met en évidence une pollution chronique liée au trafic routier au niveau de ces points.

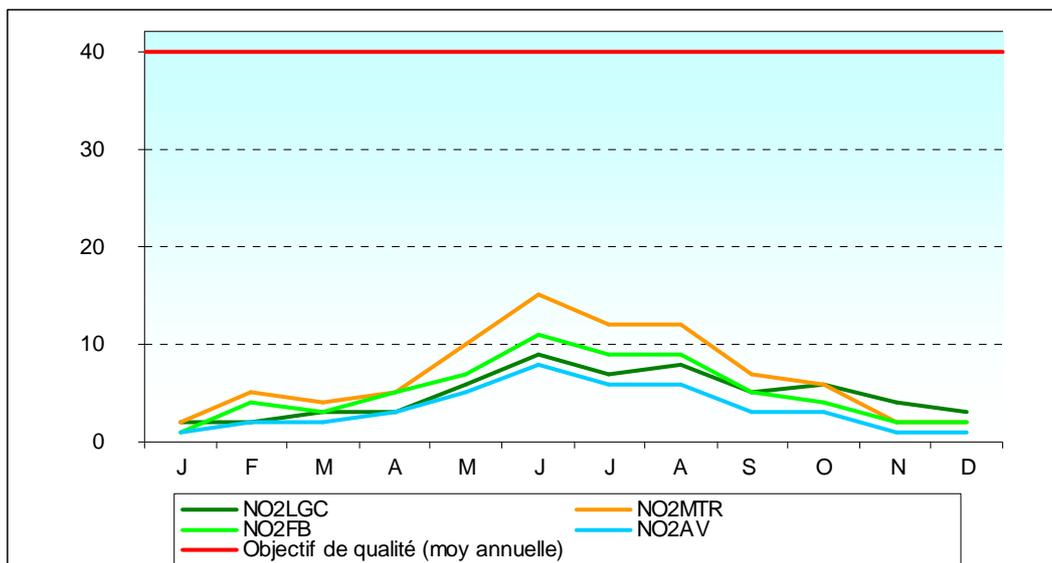
Les concentrations mesurées sont beaucoup plus faibles que celles de juin 2009 (5.7 µg/m³ en moyenne sur la ville contre 35 µg/m³ en 2009).

Cela peut en partie s'expliquer par les vents plutôt forts observés tout au long de la campagne 2010 : 65 % des vitesses de vent supérieures à 4.5 m/s [9 kt], dont 69 % supérieures à 5.5 m/s [11 kt], contre 82% des vitesses de vent entre 1.5 à 4.5 m/s [entre 3 et 9 kt] durant la campagne de juin 2009.

En effet, il a été constaté que la vitesse des vents influence directement la dispersion des polluants émis. En période de vents faibles, les stations fixes de Scal-Air mesurent des élévations des concentrations pour les oxydes d'azote et les particules fines PM10 aux horaires de fort trafic automobile, le matin et le soir. En période de vents forts, ces pics sont quasi inexistant car les polluants ne s'accumulent pas.

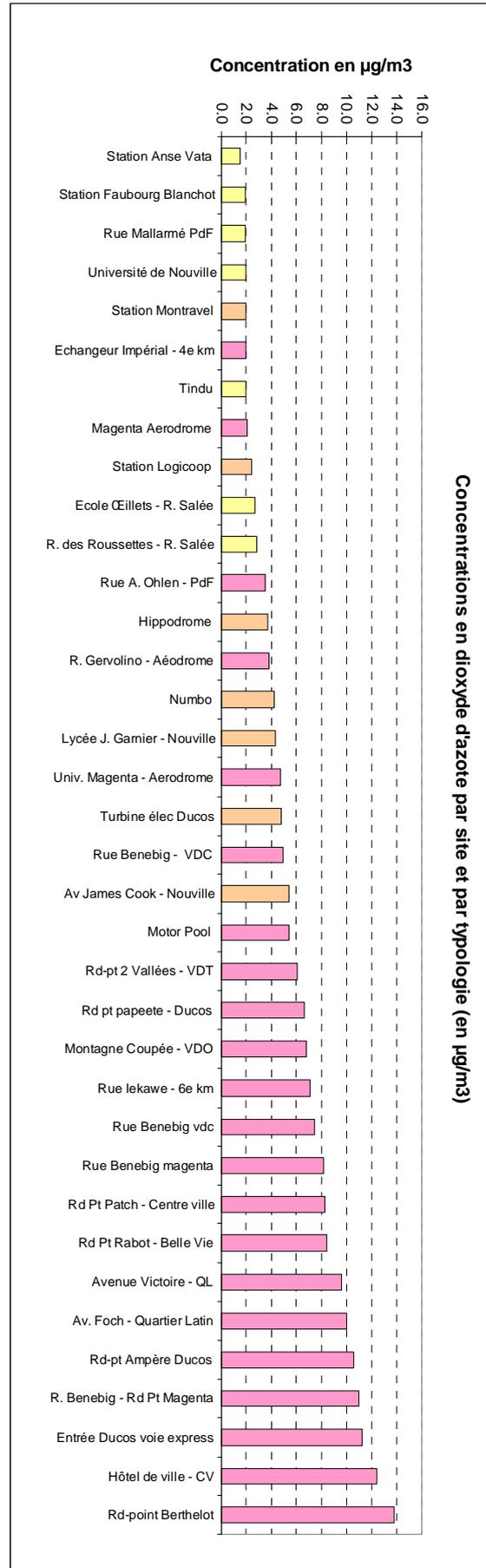
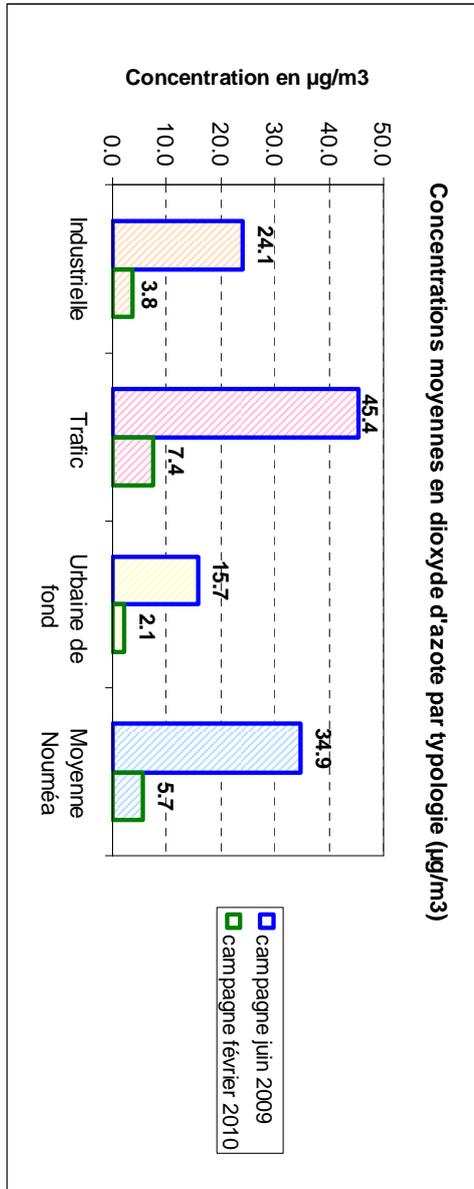
De plus, si l'on observe l'évolution annuelle des concentrations en dioxyde d'azote sur le graphique suivant, le mois de février correspond à la période de niveaux les plus faibles : entre 2 et 5 µg/m³ en moyenne sur le mois. A contrario, le mois de juin correspond aux valeurs maximales : entre 8 et 15 µg/m³ sur le mois.

Moyennes mensuelles 2009 - NO₂ (µg/m³)

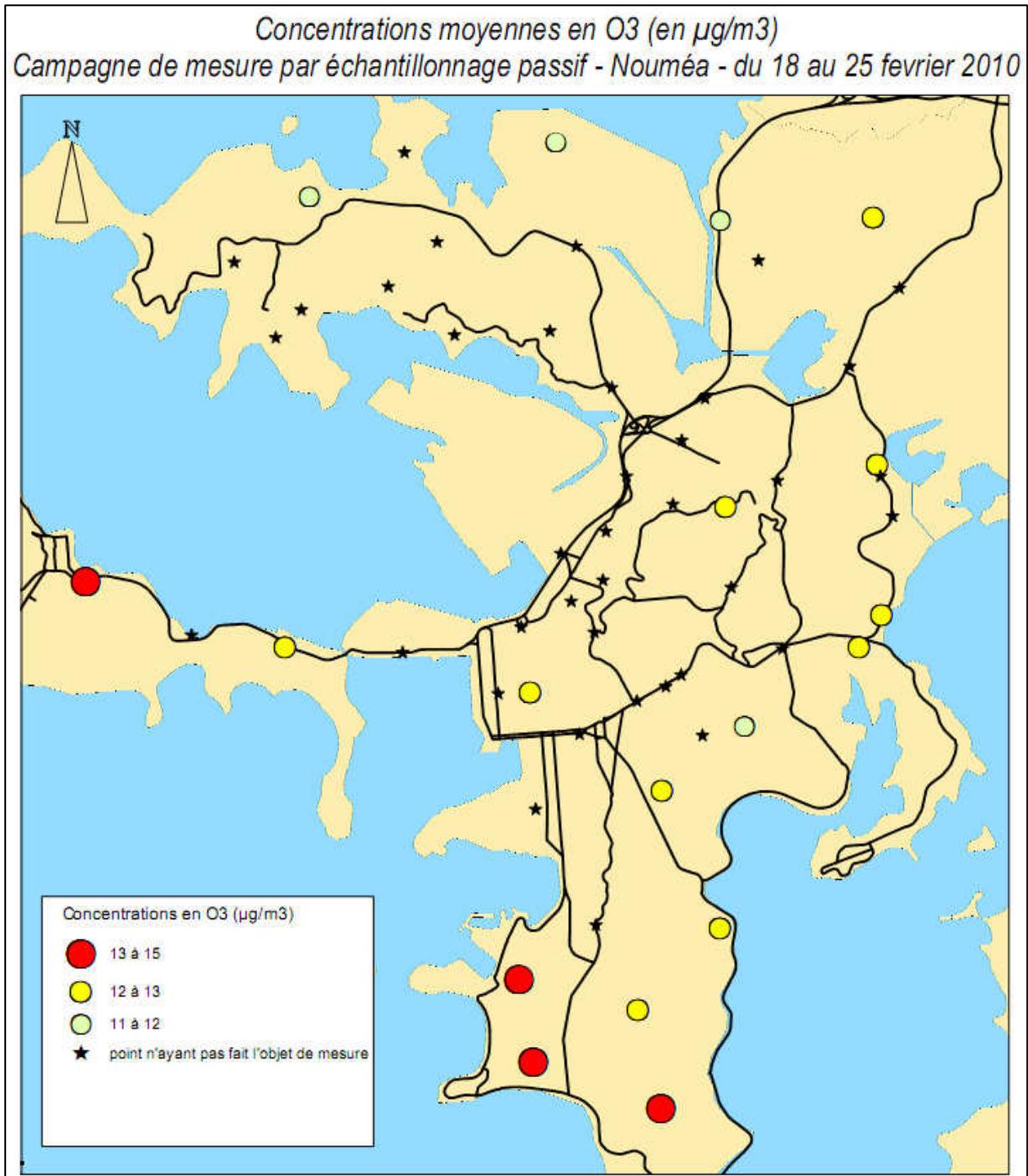


D'après les graphiques suivants, les niveaux mesurés sur les points de type trafic sont deux à trois fois supérieurs à ceux mesurés sur les sites de typologies urbaine de fond ou industrielle.

Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond



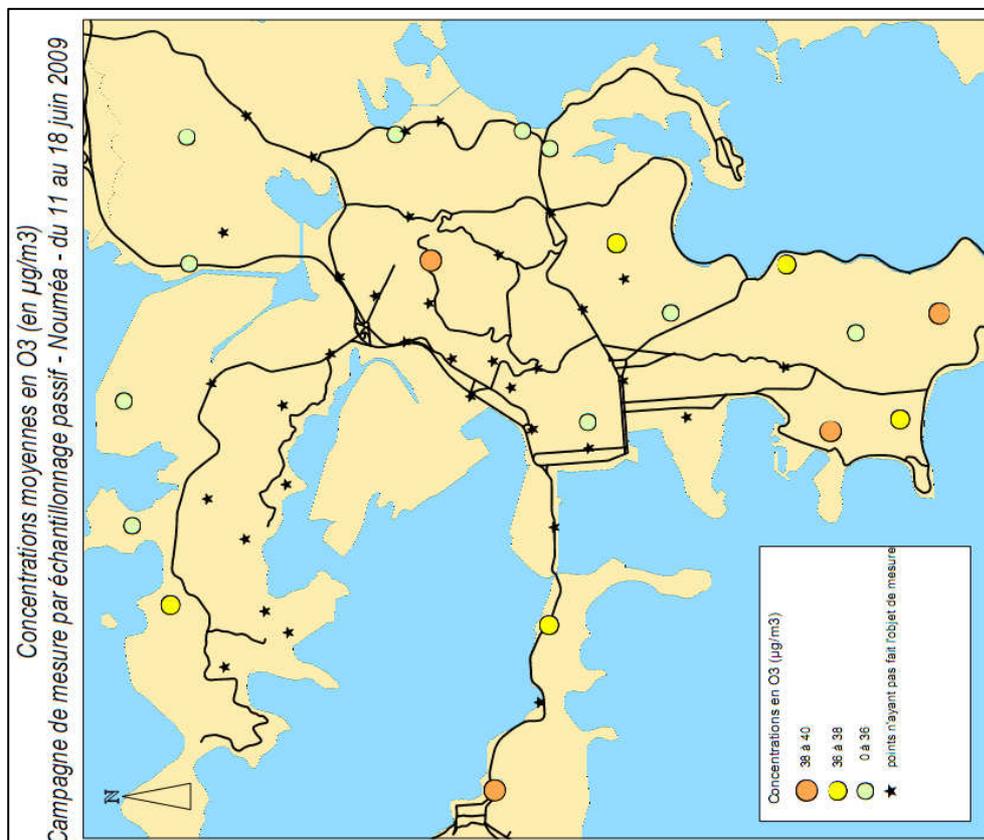
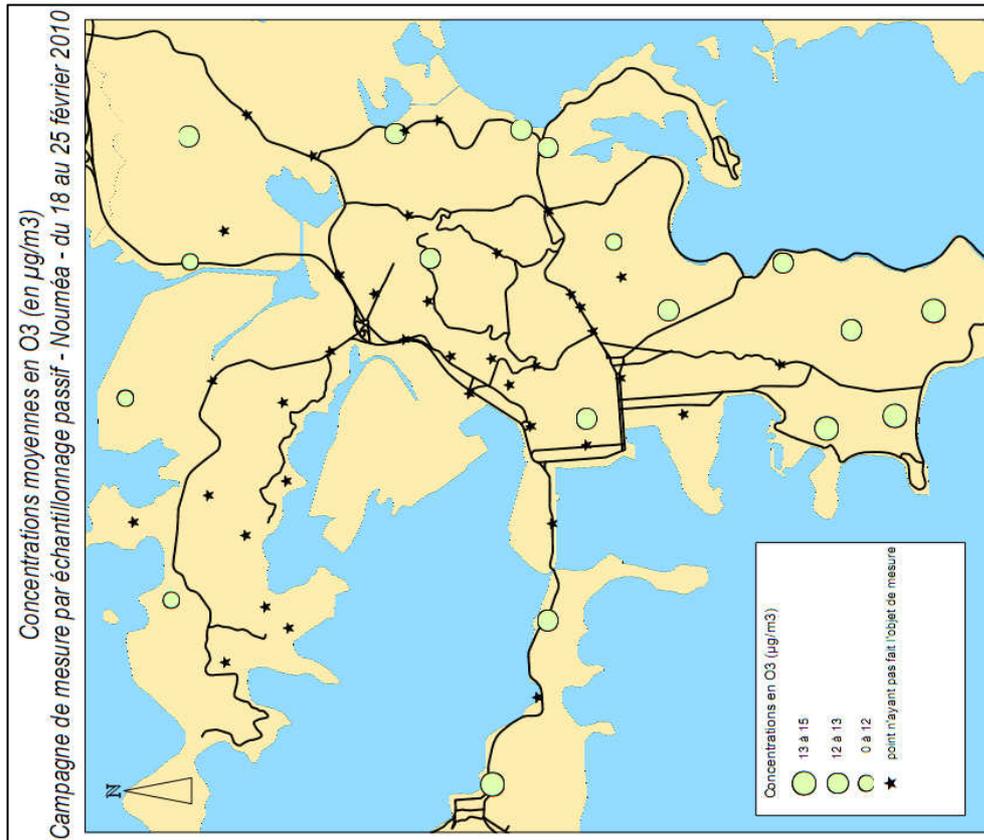
4.4.3. Ozone (O₃)



4.4.3.1. Analyse

Les résultats de la surveillance par tube confirment le caractère de polluant secondaire photochimique de l'ozone : les niveaux les plus élevés se trouvent en périphérie de la ville et prioritairement à proximité des espaces éloignés des axes routiers (parcs et jardins notamment) : Ouen Toro, Anse Vata, Receiving, Université de Nouville. L'ozone se forme en effet préférentiellement dans les zones où il n'est pas en concurrence avec les polluants automobiles primaires.

4.4.3.2. Comparaison à la campagne de mesure de juin 2009

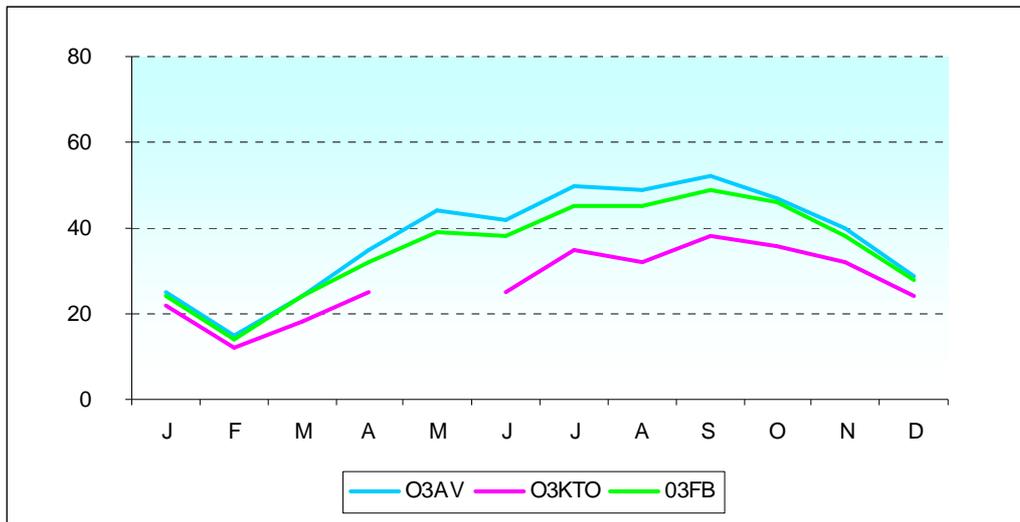


NB : les couleurs des légendes ont été homogénéisées de manière à pouvoir comparer les deux cartes.

Entre les deux campagnes de mesure, les points les plus impactés sont quasiment les mêmes. A noter cependant, des différences importantes de concentrations entre les deux campagnes.

Si l'on observe l'évolution annuelle des concentrations en ozone (graphique suivant) le mois de février correspond aux niveaux les plus faibles ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur le mois), tandis que le mois de juin se trouve dans la période des valeurs maximales ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le mois).

Moyennes mensuelles 2009 - O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

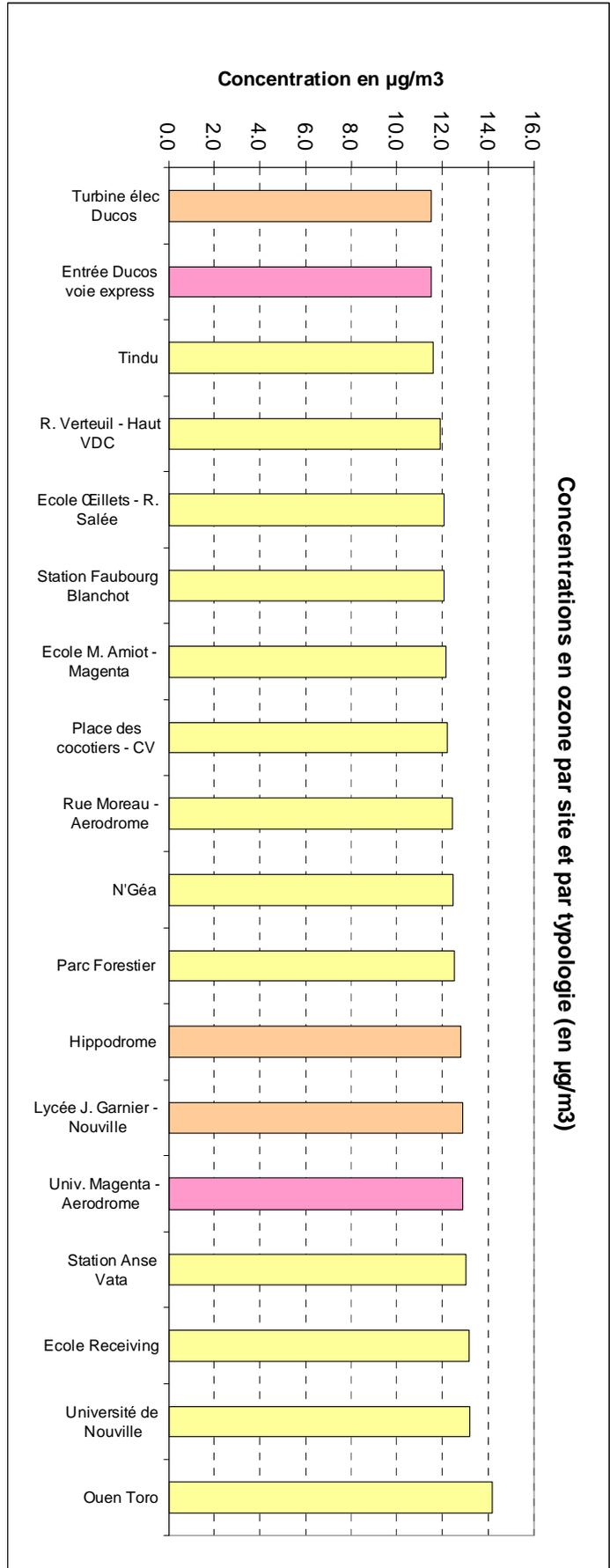
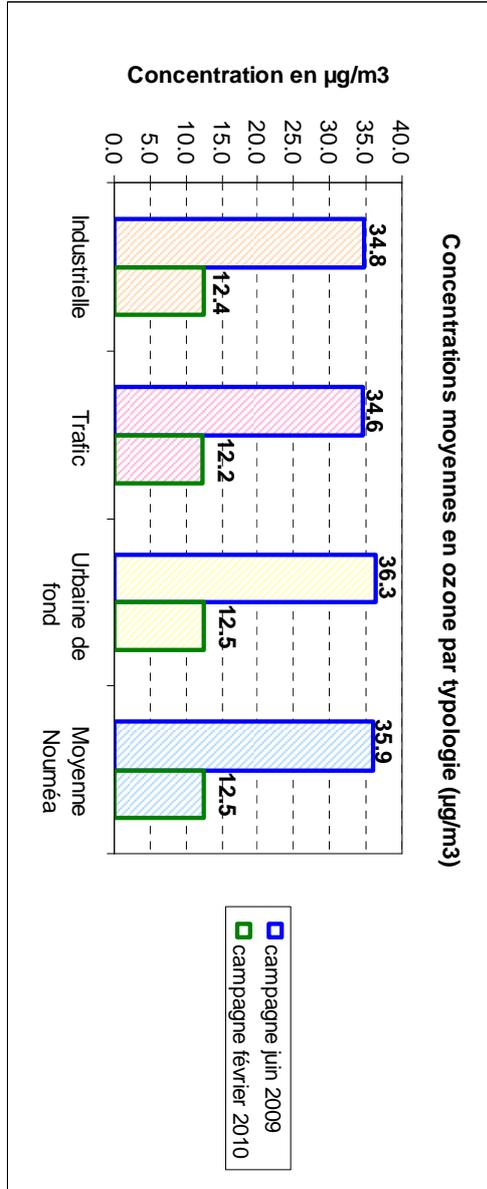


A Nouméa, la dynamique des évolutions saisonnières d'ozone est très liée aux conditions météorologiques. Il a été observé que les teneurs en ozone varient à l'inverse du taux humidité : quand l'hygrométrie est élevée, les teneurs d'ozone sont faibles et inversement. A Nouméa, les valeurs moyennes d'ozone sont plus élevées à la saison sèche (de mai à octobre), lorsque le taux d'humidité relative de l'air est le plus faible.

A l'échelle de l'année, on observe que les moyennes mensuelles d'ozone et de dioxyde d'azote connaissent des variations annuelles comparables. Le NO_2 étant un précurseur de l'ozone, ces deux polluants gazeux ne peuvent donc pas atteindre simultanément des niveaux élevés sur un même point de mesure. Néanmoins, des concentrations plus élevées de NO_2 conduisent généralement à une augmentation ultérieure et/ou distante des niveaux d'ozone, ce qui peut expliquer la similarité des profils annuels des niveaux de NO_2 et d' O_3 .

Rq : à la suite d'un problème technique, il n'y a pas de données disponibles pour la station de Koutio en mai 2009

Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond



4.4.4. Situation par rapport aux normes et aux mesures permanentes

En général, l'échantillonnage passif ne permet qu'une comparaison avec des valeurs seuils de type annuel.

Dans notre cas, la période d'une semaine de campagne est relativement courte et ne permet pas de comparer les résultats aux valeurs de référence annuelles : les normes européennes¹¹ considèrent généralement qu'il est nécessaire de mettre en place une surveillance sur 14% de l'année (soit 8 semaines au moins) pour avoir des données représentatives.

Néanmoins, à titre indicatif, les points de mesure les plus impactés par la pollution, pouvant potentiellement faire l'objet de dépassements de valeurs limites de références, ont été identifiés.

Les conditions météorologiques, notamment la direction et la vitesse du vent, conditionnant en grande partie la dispersion des polluants, sont très similaires à celles observées en moyenne durant la saison chaude (octobre 2009 à mars 2010). Elles sont également assez similaires à celles rencontrées sur l'année à Nouméa¹² (ce qui n'était pas le cas pour la campagne de juin 2009 - vents faibles majoritaires de toutes directions) :

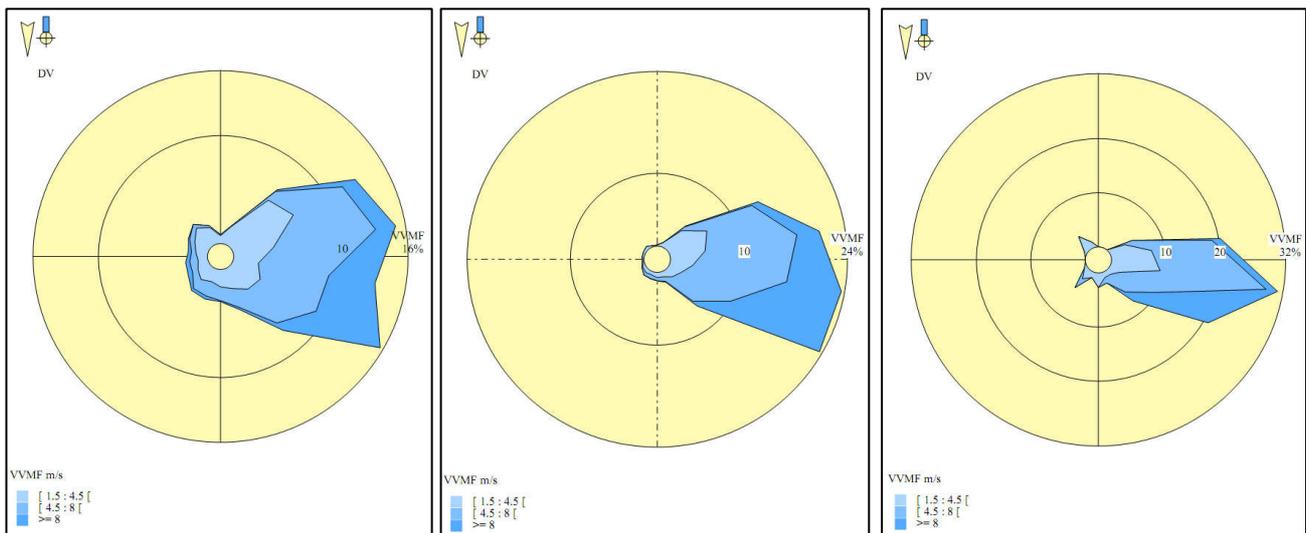
Année 2009	Octobre 2009 à mars 2010 : saison chaude	Du 18 au 25 février 2010 : campagne de mesure
Vents de secteurs Est-Sud-Est à Est-Nord-Est majoritaires	Vents de secteur Est-Sud-Est majoritaires	Vents de secteur Est-Sud-Est majoritaires
Vents forts majoritaires : 59 % des vitesses de vent supérieur à 4.5 m/s [9 kt]	Vents forts très majoritaires : 75 % des vitesses de vent supérieures à 4.5 m/s [9 kt]	Vents forts très majoritaires : 65 % des vitesses de vent supérieures à 4.5 m/s [9 kt]

Rose des vents : (d'après les données fournies par Météo France)¹³

Année 2009

Octobre 2009 à mars 2010

Du 18 au 25 février 2010



Finalement, bien que la campagne 2010 n'ait duré qu'une semaine, on peut considérer qu'elle témoigne d'une très bonne représentativité des conditions de vents rencontrées en saison chaude, et d'une bonne représentativité des conditions rencontrées annuellement à Nouméa.

¹¹ Selon la Directive 2008/50/CE

¹² Voir également la rose des vents sur 30 ans – Annexe 1 p 47.

¹³ Données détaillées des roses des vents : Annexe 1 p.48.

4.4.4.1. Cas du dioxyde de soufre (SO₂)

L'objectif de qualité pour le SO₂ est fixé à 50 µg/m³ en moyenne annuelle. La valeur limite pour la protection des écosystèmes, sans conséquence grave pour la santé humaine, est fixée à 20 µg/m³. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de ne pas dépasser 20 µg/m³ en moyenne sur 24h.

Pour la présente campagne, 4 points ont des concentrations de l'ordre de 30 µg/m³, dépassant ainsi le seuil des 20 µg/m³ : il s'agit des points 16 - CHT Raoul Follereau – Ducos ; 10.2 - Rue S. Charlotte – Logicoop ; 17 - Rue Coudelou – Ducos ; 9.2 - Ndu - terrain cricket.

Pour ces sites, il est probable que les niveaux de pointes (à l'échelle horaire ou multi-horaire) aient été élevés et qu'ils aient atteint ou dépassé l'un des seuils de référence horaires pour le SO₂. En effet, si l'on se réfère aux mesures effectuées lors de dépassements horaires du seuil d'information (300 µg/m³ sur une heure) sur l'une des stations du réseau fixe de Scal-Air, la moyenne journalière est généralement de l'ordre de 30 à 50 µg/m³, voire supérieure. Sur une semaine de mesure ayant connue un dépassement de ce seuil, la moyenne est généralement comprise entre 5 et 20 µg/m³.

Par comparaison aux valeurs annuelles de SO₂ mesurées sur le réseau fixe, les stations de Montravel et de Logicoop affichent des moyennes de 5 à 10 µg/m³. Sachant que ces stations font l'objet de dépassement du seuil horaire d'information une à deux fois par mois en moyenne, et par extension aux mesures par échantillonnage passif, les points de mesure dont la valeur est supérieure à 5 µg/m³ peuvent potentiellement faire l'objet de dépassement.

Lors de la campagne de juin 2009, les sites concernés par des valeurs supérieures ou égales à 5 µg/m³ était les points 38.1 ; 49 ; 10.1 ; 9.1 ; 16 ; 24.2 et 24.3. Lors de la campagne de février 2010, il s'agit des points 1 ; 5 ; 6.1 ; 9.1 ; 9.2 ; 10.1 ; 10.2 ; 11 ; 16 ; 17 ; 19 ; 28 ; 38.1 ; 38.2 ; et 49.

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO ₂ (µg/m ³) Juin 2009	SO ₂ (µg/m ³) Fev 2010
1	Tindu	Urbaine de fond	< 0.3	10.4
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	< 0.3	5.4
6.1	Ecole Œillets - R. Salée	Urbaine de fond	< 0.3	5.6
9.1	Numbo	Industrielle	5.6	16.2
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	2.8	33.8
10.1	Station Logicoop	Industrielle	6.3	11.3
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	< 0.3	30.2
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	2.8	8.6
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	5.2	29.1
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	3	30.7
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	2.7	8.5
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	5.2	1.2
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	6.2	1.7
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	< 0.3	6.3
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	5.9	5.0
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	4.1	6.3
49	Motor Pool	Trafic	5.6	5.2

5 points font l'objet de concentrations supérieures ou égales à 5 µg/m³ sur les deux campagnes de mesure 2009 et 2010 :

- 38.1 points Avenue Victoire - QL,
- 10.1 Station Logicoop,
- 49 Motor Pool,
- 9.1 Numbo,
- 16 CHT Raoul Follereau – Ducos

Au vu de ces résultats, ces points semblent particulièrement touchés par la pollution au SO₂. Afin de mieux connaître les caractéristiques de cette pollution de pointe sur les points les plus impactés, des mesures horaires par analyseur automatique semblent nécessaires. De telles mesures peuvent être réalisées à l'aide du laboratoire mobile de Scal-Air.

4.4.4.2. Cas du dioxyde d'azote (NO₂)

Contrairement à la campagne de juin 2009, aucune valeur n'atteint l'objectif de qualité de 40 µg/m³. En 2009, 13 points de mesure avaient des valeurs supérieures à 40 µg/m³ (en orange dans le tableau suivant). Ces points avaient été classés comme potentiellement soumis à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité annuel¹⁴.

N°	Emplacement	Typologie / Zone	NO ₂ (µg/m ³) Juin 2009	NO ₂ (µg/m ³) Fev 2010
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	55.4	11.2
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	50.9	10.6
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	43.3	7.1
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	50.3	6.6
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	43.7	2.0
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	44.7	8.4
23	Rd-point Berthelot	Trafic	71.5	13.8
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	32.6	6.8
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	38.4	5.4
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	57.6	8.3
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic	39.1	6.1
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	49.2	11.0
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	50.8	12.4
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	57.1	9.6
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	55.8	5.0
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	54.9	10.0
49	Motor Pool	Trafic	38.7	5.4

Pour la présente campagne, ces mêmes points font également l'objet des concentrations les plus importantes mais avec cependant des valeurs plus faibles (avec un maximum de 13.8 µg/m³).

A noter que les deux points de mesure ayant été ajoutés à la campagne de février 2010 font partie des points les plus impactés. Il s'agit des points 35.3 et 35.4, situés sur la rue Benebig.

N°	Emplacement	Typologie / Zone	NO ₂ (µg/m ³) Fev 2010
35.3	Rue Benebig vdc	Trafic	7.4
35.4	Rue Benebig magenta	Trafic	8.1

En regard de ces résultats et au vu des conditions de vents, pour rappel, favorables à la dispersion des polluants en février 2010 et plutôt favorable à l'accumulation des polluants du trafic en juin 2009, il semble que la pollution liée au trafic routier soit essentiellement de pointe, en particulier dans des conditions de vents faibles.

¹⁴ SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂ - NO₂ - O₃ sur la ville de Nouméa – juin 2009. p.34

Afin de mieux connaître les caractéristiques de cette pollution de pointe sur les points les plus impactés, des mesures horaires par analyseur automatique semblent nécessaires. De telles mesures peuvent être réalisées à l'aide du laboratoire mobile de Scal-Air.

Rq : la carte de l'Annexe 2 (p 50.) permet de visualiser les niveaux de SO₂ et de NO₂ par sites de mesure.

4.4.4.3. Cas de l'ozone (O₃)

Pour l'ozone, le seuil de référence est fixé à 120 µg/m³ en moyenne sur 8h.

Les résultats de la campagne 2010 sont proches de ceux de la campagne 2009¹⁵.

Si les résultats de la campagne 2009 invitaient à rester prudent quand à la validité des mesures d'ozone par échantillonnage passif, les mesures de février 2010 correspondent globalement aux valeurs mesurées par les analyseurs automatiques : concentrations comprises entre 10 et 20 µg/m³, ce qui correspond aux valeurs moyennes mesurées sur le réseau pour le mois de février en 2008 et 2009.

Les niveaux les plus élevés d'ozone enregistrés à Nouméa n'ont néanmoins rien de comparable à ceux que connaissent certaines grandes agglomérations dans le cas des pics d'ozone estivaux, du moins d'après les mesures réalisées sur les sites actuels de prélèvement.

A l'avenir, avec l'augmentation du trafic routier sur la ville, les taux d'ozone sont susceptibles d'augmenter également, notamment en saison sèche.

4.4.4.4. Situation par rapport au réseau de mesures fixe

La présente campagne confirme les constats mis en évidence lors de la campagne de juin 2009 :

Pour le SO₂, c'est la station de Logicoop qui est le point de mesure fixe le plus impacté. Se situant en limite du cône de vent dominant, c'est la station fixe la plus soumise à la pollution d'origine industrielle.

Pour le NO₂, les écarts importants entre mesure sur sites urbains de fond et sites trafics se confirment : les stations fixes affichent des valeurs 4 à 5 fois inférieures aux sites de mesure trafic en moyenne sur les deux campagnes de mesure 2009 et 2010.

Pour l'O₃, c'est le site de la station de l'Anse Vata qui semble le plus impacté. Il est le plus éloigné du centre urbain et des sources d'émissions primaires (en comparaison aux autres sites de mesure fixes), ce qui peut expliquer ce résultat. Même si certains sites « tube » fond l'objet de valeur plus élevées en moyenne (Ouen Toro, Université de Nouville, Receiving), les écarts restent très faibles avec le site de la station fixe de l'Anse Vata. Ainsi, ce site peut être considéré comme représentatif des niveaux de fond les plus élevés sur la ville de Nouméa. En outre, les premières mesures effectuées par le laboratoire mobile sur le site de l'université de Nouville montrent des niveaux d'ozone comparables à ceux des stations urbaines de fond de l'Anse Vata et du Faubourg Blanchot.

¹⁵ Voir partie *Validation et correction des données brutes par rapport aux données mesurées par les analyseurs automatiques*. P.21

Confirmation de la typologie des stations fixes

Les résultats des deux premières campagnes de mesure par échantillonnage sont très cohérents avec la typologie des stations de surveillance fixes actuelle, à laquelle ils apportent une forme de validation :

- Station de Logicoop : de type industrielle, essentiellement sous influence industrielle. Les concentrations en SO₂ sont les plus fortes du réseau en moyenne, et épisodiquement très élevées. Les niveaux de NO₂ sont très faibles en moyenne.
- Station de Montravel : de type urbaine sous influence industrielle, périodiquement sous l'influence du trafic routier et occasionnellement sous influence industrielle. Selon la direction des vents, les niveaux de SO₂ peuvent être épisodiquement très élevés (vents de secteur Ouest-Sud-Ouest) ou proches de zéro (vent de secteurs Est notamment).
- Station du Faubourg Blanchot : de type urbaine de fond. Les niveaux de SO₂ et de NO₂ sont faibles en moyenne, dépendant des conditions de vents. Les niveaux d'O₃ sont représentatifs des niveaux de fond urbain.
- Station de l'Anse Vata : de type périurbaine. Les niveaux de fond SO₂ et de NO₂ sont très faibles en moyenne, les niveaux d'O₃ sont représentatifs des niveaux les plus élevés sur la ville.

Une perspective d'évolution du réseau fixe

Au-delà des stations fixes du réseau de mesures, cette campagne permet d'identifier d'autres zones potentiellement à surveiller de manière permanente ou du moins, qui devrait faire l'objet de campagnes de mesure régulières.

Par polluant, ces zones correspondent aux sites de mesure les plus impactés de la ville :

SO₂ : l'anse N'Du, les quartiers de Numbo, Tindu, Ducos (ouest) et Logicoop.

Dans une moindre mesure, dans les cas où le vent ne correspond pas au régime de vent majoritaire des Alizés, les quartiers situés à proximité immédiate de la zone industrielle de Doniambo : ZI Ducos, Montravel, Montagne Coupée, Vallée du Tir, Centre Ville, Nouville.

On observe que la station industrielle de Logicoop, bien que faisant partie des points les plus impactés, n'est pas idéalement placée si l'on considère les vents dominants de secteur Est-Sud-Est observés à l'année. Dans les conditions de vents majoritairement rencontrées, les niveaux de la station de Logicoop sont environs 3 fois inférieures à ceux des points situés au Sud-ouest de la presqu'île de Ducos.

NO₂ : le rond point Doniambo de la rue Berthelot (23), le rond point du Général Patch au centre ville (33), le rond point des rues Ampère et de la Baie-des-Dames à Ducos (12), le rond point Rabot – Belle Vie (21), le rond point de la rue Papeete à Ducos (19), l'Avenue Victoire au centre ville (38.1), la rue du Général Gallieni au centre ville (37.1), l'avenue Foch au centre ville (42), la voie expresse à l'entrée de Ducos ZI (5), la rue Benebig reliant le centre ville et la Vallée des Colons (35.1 ; 35.3 ; 35.4 ; 38.2).

O₃ : la pointe sud de Nouméa (Ouen Toro, Anse Vata, Receiving) et la presqu'île de Nouville.

Ces zones et sites identifiés pourront dans un premier temps faire l'objet de campagne de mesure par analyseurs automatiques placés ponctuellement ou par moyen mobile. Le laboratoire mobile de Scal-Air, placé depuis début 2010 sur le site de l'université de Nouville, sera déplacé prochainement sur l'un des points trafic les plus impactés par la pollution au NO₂, puis sur un des sites les plus impactés par la pollution au SO₂.

5. Conclusions et perspectives

Cette seconde campagne de mesure de grande échelle confirme les premiers constats, et apporte de nouveaux éléments de compréhension quant à la répartition spatiale de la pollution atmosphérique sur la ville de Nouméa.

Si la première campagne de mesure par tube passif invitait à rester prudent quant au niveau d'incertitude élevée liée à la mesure par échantillonnage passif, cette seconde campagne rassure sur la fiabilité du dispositif utilisé, qui certes, reste indicatif pour ce qui concerne les valeurs exactes des niveaux de pollution, mais qui est un bon indicateur si l'on considère l'ordre de grandeur des résultats. En outre, l'intérêt principal de la technique est d'identifier les secteurs les plus impactés de la zone étudiée, par comparaison des résultats par point de mesure et pour chaque polluant.

En comparaison à la 1^{ère} campagne par échantillonnage passif de juin 2009, il apparaît que les niveaux des polluants primaires sont directement liés aux conditions météorologiques.

Le dioxyde de soufre, traceur de la pollution industrielle impacte essentiellement les secteurs sous le vent par rapport à la source d'émission principale de Doniambo : quartiers de Ducos, Numbo et Logicoop. De plus, les données d'émission disponibles permettent de penser que l'utilisation de fioul basse et très basse teneur en soufre conditionne également les niveaux de pollution. Par ailleurs, les résultats montrent que la station de Logicoop, dédiée à la surveillance industrielle, n'est pas représentative de l'impact maximal de la pollution industrielle si l'on considère les vents dominants de secteur Est-Sud-Est observés à l'année. Cette station a été positionnée dans le but d'estimer l'exposition du public. Elle est en effet située dans une zone représentative de la plus forte densité de population du quartier de la presqu'île de Ducos proche du site industriel.

Pour le dioxyde d'azote, on observe une stabilité des points les plus impactés entre les campagnes de juin 2009 et février 2010. Cela met en évidence une pollution chronique liée au trafic routier au niveau de ces points. Traceurs de la pollution automobile, le dioxyde d'azote touche principalement les axes les plus fréquentés de la ville, connaissant pour la plupart des engorgements périodiques et réguliers : quartier Centre Ville, le long de la voie express (VDO), l'avenue de la Victoire, la rue Benebig (VDC), la route de la Baie des dames (ZI Ducos) notamment.

L'ozone, polluant issue de la dégradation des polluants primaires (NO₂ notamment), confirme sa présence majoritaire dans les quartiers périphériques de la ville, sans pour autant connaître de niveau élevés.

Il apparaît que les grandes variations saisonnières annuelles des niveaux de dioxyde d'azote et d'ozone mises en évidence sur le réseau fixe se confirment à l'échelle de la ville (niveaux les plus faibles en saison chaude et niveaux les plus forts en saison fraîche).

A l'avenir, la pérennisation de ce type de campagne par tube, de fréquence annuelle ou biannuelle, permettrait le suivi régulier de l'évolution des niveaux de polluants par site de mesure, notamment pour les polluants primaires. Il sera ainsi possible de dresser des cartographies de la pollution atmosphérique par interpolation et croisement avec des données géostatistiques.

Les résultats de ces deux campagnes permettent d'ores et déjà d'identifier les sites qui feront l'objet de campagne de mesure par analyseur automatique, en particulier dans le cadre du déploiement du laboratoire mobile de Scal-Air.

6. Références bibliographiques

ADEME, LCSQA, Fédération Atmo. *Échantillonnage passifs pour le dioxyde d'azote. Guide rédigé par le groupe de travail des AASQA*. Paris, 2002

ADEME. Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air. Juin 2002

ADEME. Règles et recommandations en matière de : validation de données, critères d'agrégation et paramètres statistiques. 2003

AIRFOBEP. Mesure des niveaux moyens de dioxyde de soufre de la région de l'ouest des Bouches-du-Rhône. 2003

AIR NORMAND. Evaluation de l'incertitude sur les concentrations de NO₂ mesurées par les tubes à diffusion du fournisseur PASSAM AG. Avril 2002

AIR NORMAND. Mesures de qualité de l'air dans la forêt du Madrillet et de La Londe-Rouvray avant la rocade sud de Rouen, du 18/05/04 au 22/03/05

AIR NORMAND. Rapport d'étude, quelques remarques sur la Norme Iso 13752. Mars 2002

Atmo Auvergne. Campagne de mesure du dioxyde d'azote dans l'agglomération de Clermont-Ferrand. 2006-2007

GWAD'AIR. Campagne de mesure par tubes passifs dans le cadre de l'implantation d'une station industrielle. Synthèse. 2005

Norme ISO 13752 : 1998 Qualité de l'air - Évaluation de l'incertitude d'une méthode de mesurage sur site en utilisant une seconde méthode comme référence

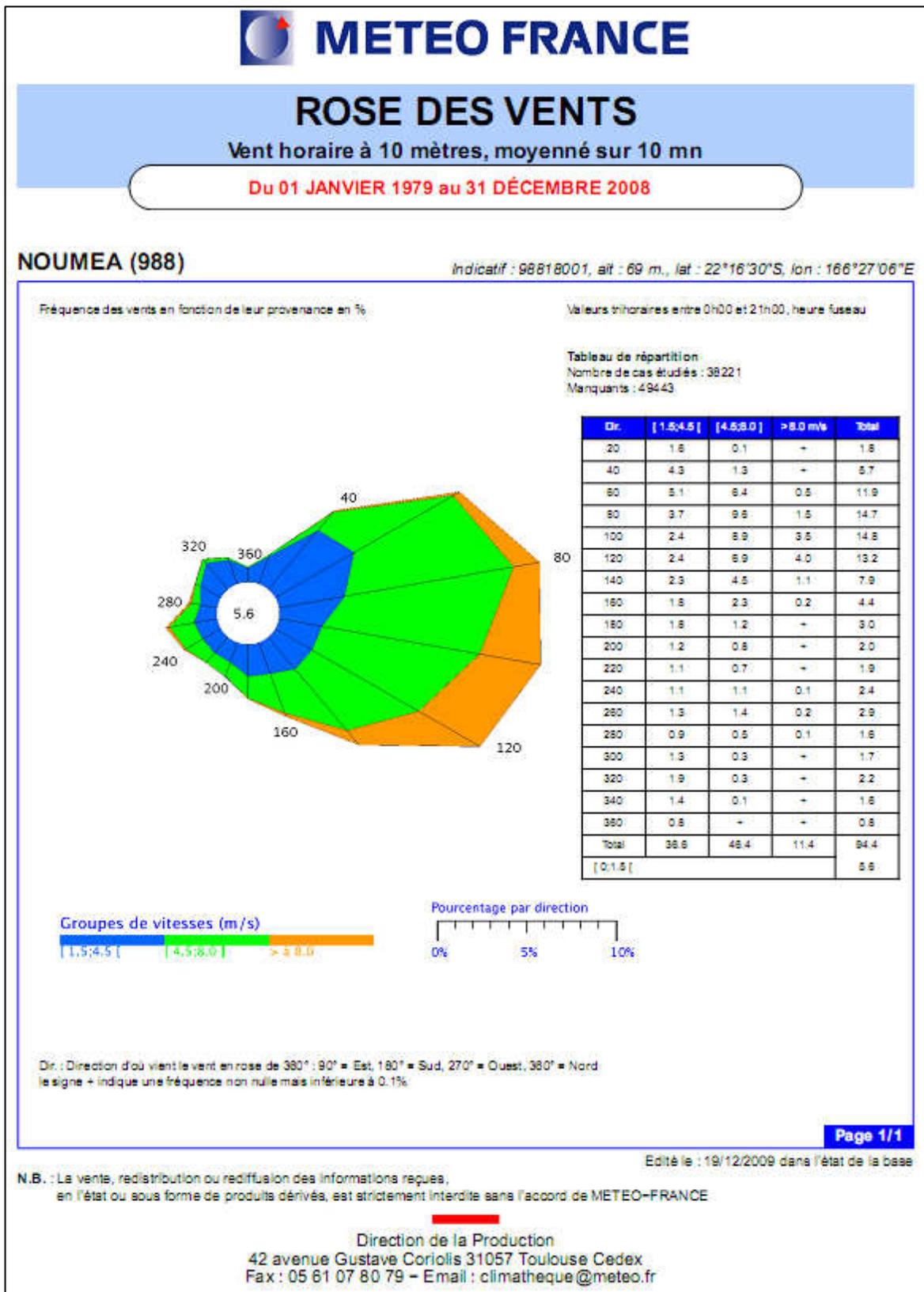
ORA. Evaluation de la qualité de l'air sur la zone aéroportuaire de Rochambeau et sur la commune de Matoury (Guyane Française). 2005

SCAL-AIR. La qualité de l'air à Nouméa – Bilan 2008

SCAL-AIR. La qualité de l'air à Nouméa – Bilan 2009

SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂ - NO₂ - O₃ sur la ville de Nouméa – juin 2009

ANNEXE 1 : données météorologiques complémentaires



Répartition des vents par secteur géographique et par secteur de vitesse, année 2009 (d'après les données fournies par Météo France)

	< 1.5	[1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	Cumul
[350 : 10 |	2.0	0.7	0.1	0.0	0.8
[10 : 30 |	0.6	1.8	0.1		1.8
[30 : 50 |	0.6	5.6	1.0	0.2	6.9
[50 : 70 |	0.4	6.5	5.2	1.4	13.1
[70 : 90 |	0.4	3.7	9.5	1.9	15.1
[90 : 110 |	0.2	2.3	6.6	4.3	13.2
[110 : 130 |	0.2	3.0	5.9	6.8	15.7
[130 : 150 |	0.1	2.7	4.1	0.9	7.7
[150 : 170 |	0.2	2.0	1.8	0.2	4.0
[170 : 190 |	0.2	1.6	1.3	0.1	3.0
[190 : 210 |	0.1	1.3	1.4	0.3	3.0
[210 : 230 |	0.1	1.6	1.1	0.3	2.9
[230 : 250 |	0.2	1.2	0.6	0.5	2.2
[250 : 270 |	0.2	0.9	0.8	0.4	2.0
[270 : 290 |	0.1	1.1	0.4	0.3	1.8
[290 : 310 |	0.3	1.5	0.5	0.1	2.2
[310 : 330 |	0.4	2.2	0.4	0.0	2.7
[330 : 350 |	0.4	1.6	0.2		1.8
Cumul	6.7	41.4	41.1	17.6	100 %

Répartition des vents par secteur géographique et par secteur de vitesse, Octobre 2009 à mars 2010 : saison chaude (d'après les données fournies par Météo France)

	< 1.5	[1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	Cumul
[350 : 10 |	0.7	0.1	0.0		0.2
[10 : 30 |	0.3	0.6	0.0		0.7
[30 : 50 |	0.5	3.3	0.7	0.2	4.2
[50 : 70 |	0.3	6.0	7.0	1.0	14.0
[70 : 90 |	0.2	4.8	12.6	3.1	20.5
[90 : 110 |	0.0	3.1	13.0	7.5	23.6
[110 : 130 |	0.0	1.9	7.8	13.9	23.6
[130 : 150 |	0.1	1.3	4.4	0.8	6.5
[150 : 170 |	0.1	0.8	0.7	0.1	1.5
[170 : 190 |	0.2	0.7	0.4	0.0	1.2
[190 : 210 |	0.1	0.5	0.5	0.0	1.0
[210 : 230 |		0.6	0.4	0.0	1.0
[230 : 250 |	0.1	0.4	0.2		0.6
[250 : 270 |	0.1	0.2	0.0		0.2
[270 : 290 |	0.1	0.3			0.3
[290 : 310 |	0.1	0.3			0.3
[310 : 330 |	0.1	0.5			0.5
[330 : 350 |	0.0	0.2			0.2
Cumul	2.9	25.5	47.8	26.7	100 %

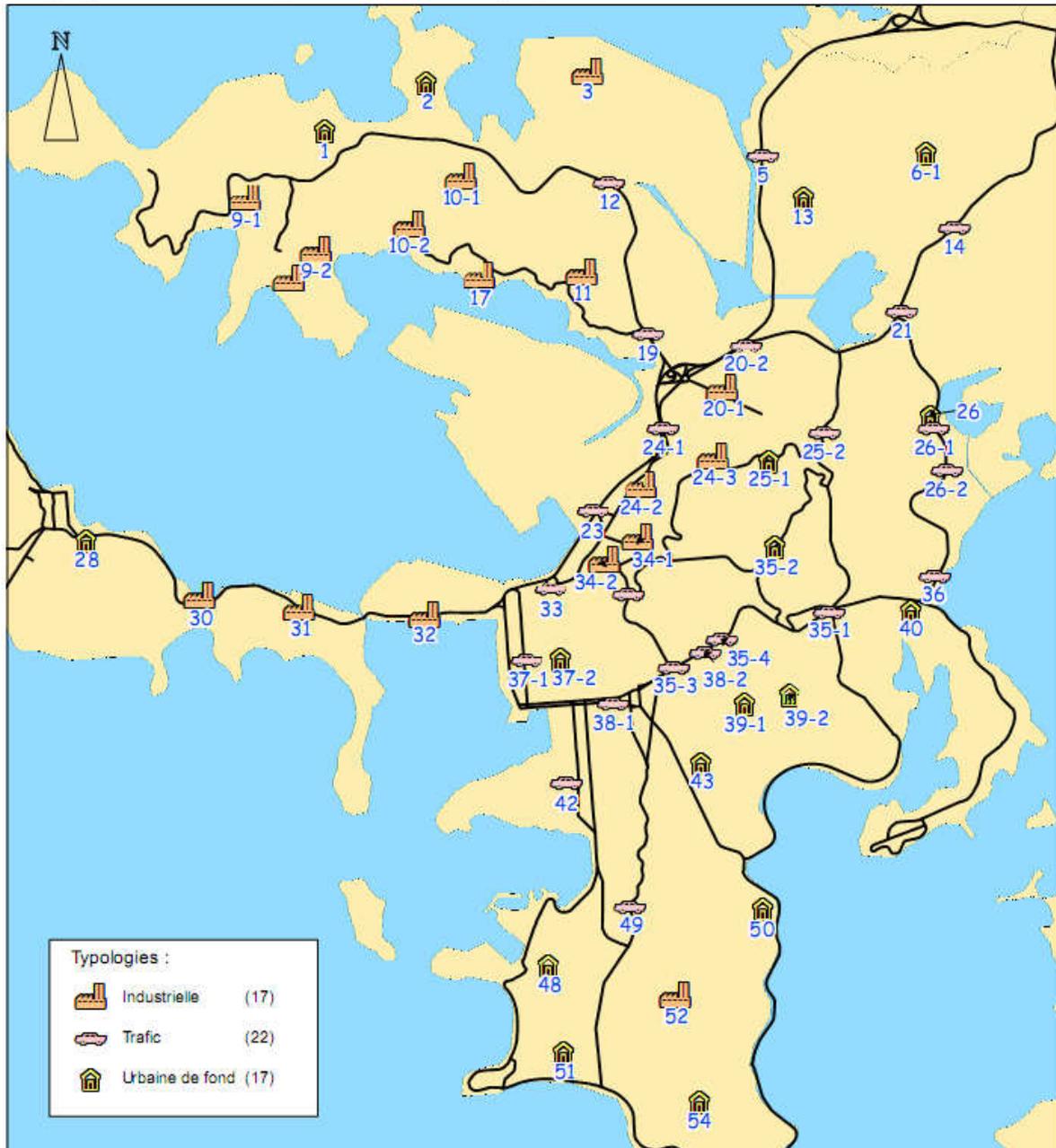
Répartition des vents par secteur géographique et par secteur de vitesse, sur la période d'étude, du 18 au 25 février 2010 (d'après les données fournies par Météo France)

	< 1.5	[1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	Cumul
[350 : 10 |	0.5				
[10 : 30 |					
[30 : 50 |					
[50 : 70 |		3.2	1.6		4.8
[70 : 90 |		7.5	11.2	1.6	20.3
[90 : 110 |		9.1	19.8	2.1	31.0
[110 : 130 |		2.1	7.5	11.2	20.9
[130 : 150 |		1.1	4.3	2.1	7.5
[150 : 170 |	0.5	1.1	1.1		2.1
[170 : 190 |	0.5	2.7			2.7
[190 : 210 |	0.5	1.1			1.1
[210 : 230 |		2.1	2.1		4.3
[230 : 250 |		0.5			0.5
[250 : 270 |	0.5				
[270 : 290 |					
[290 : 310 |		0.5			0.5
[310 : 330 |		3.2			3.2
[330 : 350 |		1.1			1.1
Cumul	2.7	35.3	47.6	17.1	100 %

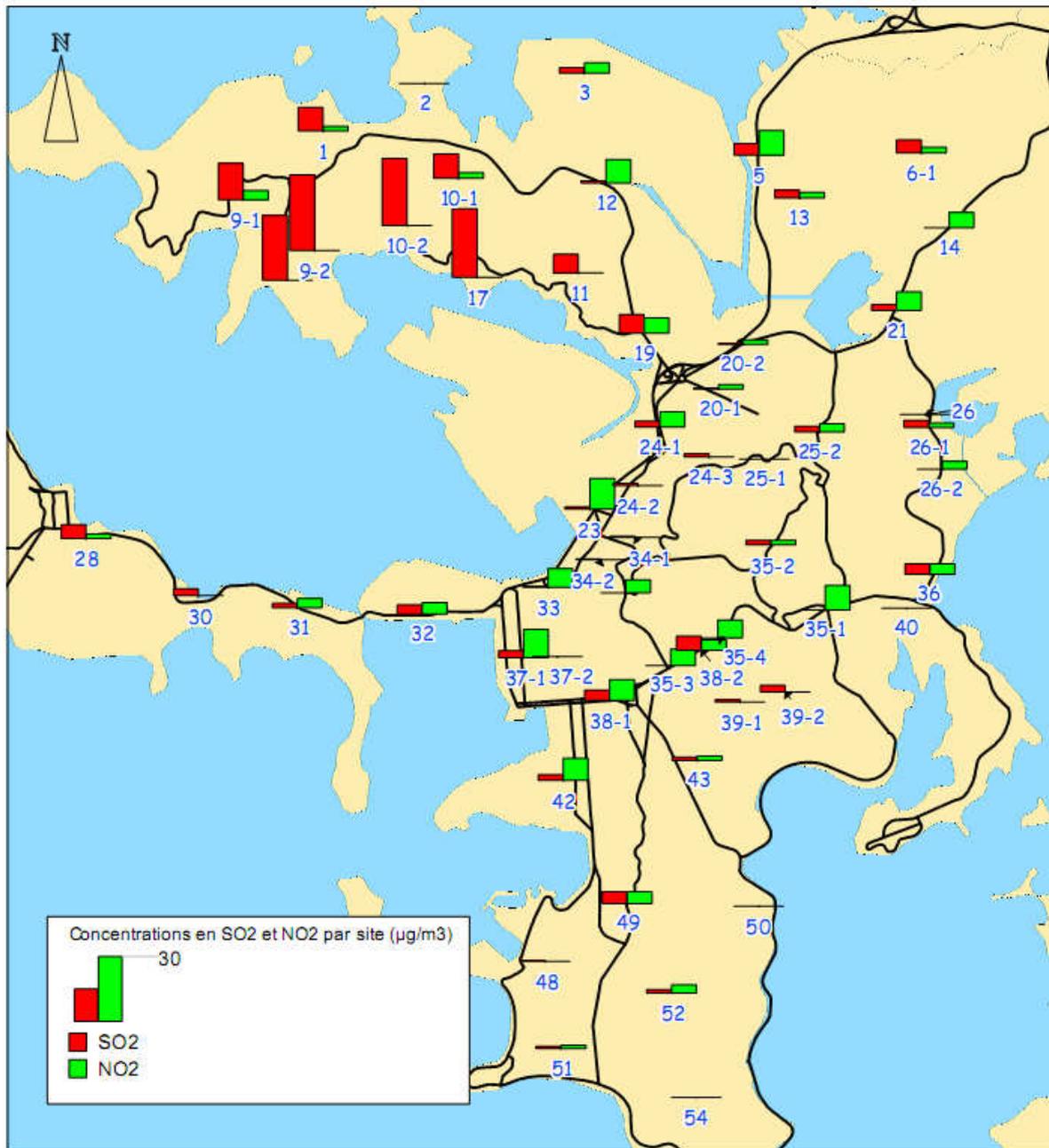
ANNEXE 2: cartes complémentaires

Points de mesure par typologie

Campagne de mesure par échantillonnage passif - Nouméa - du 18 au 25 février 2010



Concentrations moyennes en SO₂ et NO₂ (en µg/m³) par site de mesure
Campagne de mesure par échantillonnage passif - Nouméa - du 18 au 25 février 2010



Cette carte permet de visualiser les points de mesure faisant l'objet des concentrations les plus élevées, pour la SO₂ (traceur de la pollution d'origine industrielle) et pour le NO₂ (traceur de la pollution liée au trafic routier).

On observe que la pollution d'origine industrielle touche essentiellement les secteurs sous le vent par rapport au secteur de Doniambo. La pollution routière touche essentiellement les grands axes routiers du centre et des entrées de la ville.

NB : les points 14, 25.1, 26, 26.2, 34.3, 35.1, 35.3, 35.4, 40, 50, 54, n'ont pas fait l'objet de mesure du SO₂. Les points 2, 9.2, 10.2, 11, 16, 17, 24.2, 24.3, 25.1, 26, 30, 34.1, 34.2, 39.1, 39.2, 40, 48, 50, 54, n'ont pas fait l'objet de mesure du NO₂