



**Association Calédonienne de Surveillance de la
Qualité de l'Air**

**Campagnes de mesure par échantillonnage passif
SO₂ - NO₂ sur la ville de Nouméa
période 2012 à 2014**



septembre 2014

Conditions de diffusion

Scal-Air est l'association de surveillance de la qualité de l'air en Nouvelle-Calédonie. Elle a pour mission principale 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.

A ce titre et compte tenu de son objet statutaire à but non lucratif, Scal-Air se veut garante 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 corrigées 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'aurait pas donné d'accord préalable.

Intervenants

- *Intervenants techniques :*
 - Supervision technique : Alexandre TCHIN
 - Assistance technique : Dominique BLANC, Jacques SANON, Sylvain GLEYE, Claire CHERON, Raphaëlle HUTH
- *Intervenants études :*
 - Rédaction rapport / coordination : Raphaëlle HUTH
 - Tiers examens du rapport : Eric LE PLOMB, Sylvain GLEYE, Carole LEFEUVRE
 - Approbation finale : Eric LE PLOMB

Remerciements

Scal-Air tient à remercier la ville de Nouméa, EEC et l'OPT pour la mise à disposition des mâts d'éclairage et poteaux qui ont servi de supports aux échantillonneurs passifs.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	7
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	8
2.1. LES POLLUANTS ETUDIES.....	8
2.2. LA REGLEMENTATION	9
2.2.1. REGLEMENTATIONS FRANÇAISES ET EUROPEENNES.....	9
2.2.2. REGLEMENTATION EN NOUVELLE-CALÉDONIE	9
2.3. VALEURS DE REFERENCE	10
3. PRESENTATION DES ETUDES	11
3.1. LE MATERIEL	11
3.1.1. LES ECHANTILLONNEURS OU TUBES PASSIFS	11
3.1.2. LES ANALYSEURS AUTOMATIQUES	12
3.2. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE	12
3.1.1. LES PERIODES DE MESURES.....	12
3.1.2. LES SITES DE MESURES	12
3.1.3. CONTROLE QUALITE	14
➤ DUPLICATAS DE TUBES PASSIFS (MESURES REPETEES).....	14
➤ ANALYSE DES TUBES PASSIFS « BLANCS »	15
4. RESULTATS ET DISCUSSION.....	15
4.1. INFLUENCE DE LA METEOROLOGIE.....	15
4.2. RESULTATS : LES DONNEES BRUTES.....	21
4.3. VALIDATION DES DONNEES	22
4.3.1. INCERTITUDES ET ERREURS DE MESURE.....	22
4.3.2. COMPARAISON AUX DONNEES MESUREES PAR LES ANALYSEURS AUTOMATIQUES	23
4.4. REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES ET INTERPRETATIONS	25
4.4.1. DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂).....	26
4.4.2. DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂).....	30
4.4.3. COMPARAISON AUX CAMPAGNES TUBES PASSIFS PRECEDENTES.....	37
4.4.4. SITUATION PAR RAPPORT AUX NORMES DE REFERENCES	41
4.4.5. LES QUARTIERS DE LA VILLE SOUS L'INFLUENCE DE LA POLLUTION AU SO ₂ ET NO ₂	46
5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	48
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	49
7. ANNEXES	50
ANNEXE 1 : DONNEES METEOROLOGIQUES COMPLEMENTAIRES	50
ANNEXE 3 : DEFINITION DES TYPOLOGIES DES SITES DE MESURE	51
LISTE DES TABLEAUX	53
LISTE DES FIGURES	53

Liste des sigles et acronymes utilisés

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

ASPA : Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace

AV : site de l'Anse Vata

FB: site du Faubourg Blanchot

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

LGC : site de Logicoop

mm : millimètre

m/s : mètre par seconde

MTR : site de Montravel

N, S, E, O : Nord, Sud, Est, Ouest

NO₂ : dioxyde d'azote

SO₂ : dioxyde de soufre

µg/m³ : microgramme par mètre cube

1. Introduction

Tous les ans depuis 2009, Scal-Air réalise un suivi des concentrations en dioxyde de soufre (SO₂) et en dioxyde d'azote (NO₂) par échantillonnage passif, sur la ville de Nouméa. Les prélèvements sont réalisés à l'aide de tubes passifs réagissant avec les polluants gazeux, exposés durant une semaine dans les différents quartiers de l'agglomération.

Afin de pouvoir effectuer un suivi de l'évolution des niveaux de polluants mesurés d'une campagne à l'autre, la même base de points de mesure a été conservée depuis 2009. La sélection des sites de mesure est ensuite effectuée après avoir identifié les zones les plus représentatives de la ville au cours des campagnes précédentes.

La mesure de l'ozone par échantillonnage passif a été interrompue à partir de 2011 du fait des faibles concentrations observées à Nouméa tout au long de l'année.

Le présent rapport traite les résultats de cinq campagnes de mesure par échantillonnage passif d'une semaine réalisées aux dates suivantes entre 2012 et 2014:

- En 2012 du 15 au 22 février – **saison chaude** - sur 34 sites de mesure
- En 2013 du 27 février au 06 mars – **saison chaude** – sur 36 sites de mesure
- En 2013 du 20 au 27 juin – **saison fraîche** – sur 36 sites de mesure
- En 2014 du 19 au 26 mars – **saison chaude** – sur 36 sites de mesure
- En 2014 du 23 au 30 juin – **saison fraîche** – sur 36 sites de mesure

L'analyse des résultats des campagnes précédentes en 2009, 2010 et 2011¹ a pu mettre en évidence des aspects de distribution spatiale caractéristiques selon les conditions saisonnières rencontrées (saisons fraîche et chaude) pour chacun des polluants concernés, SO₂ et NO₂.

Juin 2009 et juin 2011 – saison fraîche : les vents majoritairement faibles et variables conduisent à la présence de dioxyde de soufre, polluant d'origine industrielle dans la plupart des quartiers de la ville et à l'accumulation des émissions routières (dioxyde d'azote), aux abords des axes de circulation les plus fréquentés.

Février 2010 – saison chaude : le régime d'alizés très présent de secteurs Est à Est/Sud-Est conduit à l'accumulation de dioxyde de soufre au niveau de la presqu'île de Ducos, et favorise de très faibles concentrations de dioxyde d'azote aux bords des axes routiers par effet de dispersion.



Figure 1 : Echantillonneurs passifs installés sur un site de mesure : rond-point Belle Vie - Nouméa

Afin de confirmer ces résultats saisonniers Scal-Air effectuée depuis 2013 **deux campagnes** (au lieu d'une) au cours de la **même l'année**, ciblant chacune les deux saisons.

¹ Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa – rapport d'étude juin 2009
 Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa du 18 au 25 février 2010 – rapport d'étude juillet 2010
 Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂ sur la ville de Nouméa du 8 juin au 15 juin 2011 – rapport d'étude décembre 2011

Dans ce présent rapport, nous effectuons premièrement l'analyse des **données brutes** de concentration en polluants des 5 campagnes entre 2012 et 2014. L'analyse est complétée dans un deuxième temps, par une confrontation avec les données brutes issues des précédentes campagnes de 2009, 2010 et 2011.

2. Contexte réglementaire

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 Véhicule diesel Volcans 	<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 gravité et la fréquence des crises chez les personnes asthmatiques 	<ul style="list-style-type: none"> Pluies acides Formation d'ozone Effet de serre (indirectement)

Tableau I : Les polluants surveillés, leurs sources et leurs effets

Le dioxyde de soufre (SO₂) provient majoritairement de la combustion de combustibles fossiles tels que les fiouls ou certains charbons et gaz non désulfurés.

Son origine sur Nouméa est principalement industrielle (centrale thermique, 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 (toux, gêne 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 de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

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 NO émis par différentes sources se transforme rapidement en NO₂ par oxydation au contact de l'oxygène de l'air.

Les oxydes d'azote sont des polluants principalement liés aux émissions du trafic routier. Ils sont émis par les moteurs des véhicules et par 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.

2.2. La réglementation

2.2.1. Réglementations françaises et européennes

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 un 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, intégrée 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 métropole².

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 prescriptions 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, ainsi que des valeurs limites de référence concernant les concentrations en polluants dans l'air ambiant.

Dans le cadre des projets et études menés par Scal-Air, l'ensemble des prescriptions des réglementations précitées servent de références.

² Plus d'information sur la réglementation relative à la qualité de l'air sur www.scalair.nc, rubrique La qualité de l'air.

2.3. Valeurs de référence

Les valeurs de référence sont généralement définies sur une heure, plusieurs heures, une journée ou sur l'année civile. Ainsi, bien qu'aucune valeur de référence ne concerne la période « hebdomadaire » correspondant à la période d'exposition des échantillonneurs passifs, ces valeurs sont indiquées ci-dessous pour information.

Tableau II : Les normes de la qualité de l'air pour les polluants SO₂ et NO₂

Objectifs de qualité de l'air	Niveau de recommandation et d'information	Niveau d'alerte	Valeurs limites pour la santé humaine		Valeurs limites pour la protection des écosystèmes
50 µg/m ³	300 µg/m ³	500 µg/m ³	125 µg/m ³	350 µg/m ³	20 µg/m ³
SO₂			Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	Moyenne annuelle et du 1er octobre au 31 mars
Moyenne annuelle	Moyenne horaire	Moyenne horaire sur 3h consécutives			
40 µg/m ³	200 µg/m ³	400 µg/m ³	200 µg/m ³	40 µg/m ³	30 µg/m ³
NO₂			Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle
Moyenne annuelle	Moyenne horaire	Moyenne horaire			

3. Présentation des études

3.1. Le matériel

3.1.1. Les échantillonneurs ou tubes passifs

Scal-Air utilise des **échantillonneurs (tubes) passifs** développés et distribués 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 principe de la diffusion passive de molécules de polluants à travers une couche d'air délimitée par un tube jusqu'à un support adsorbant contenant le réactif chimique.

La quantité de molécules piégées sur l'adsorbant est proportionnelle à sa **concentration dans l'air ambiant**. Les supports adsorbant sont ensuite analysés en laboratoire et donnent une **concentration moyenne** sur l'ensemble de la **période d'exposition** (valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cette technique de piégeage des polluants présente de nombreux intérêts :

- Possibilité d'utilisation en grand nombre
- Facilité de mise en œuvre
- Faible coût
- Aucun calibrage nécessaire sur le terrain



Figure 2 : Installation d'

Les échantillonneurs se présentent sous la forme de tubes cylindriques à l'intérieur desquels se trouve le support adsorbant contenant le réactif chimique.

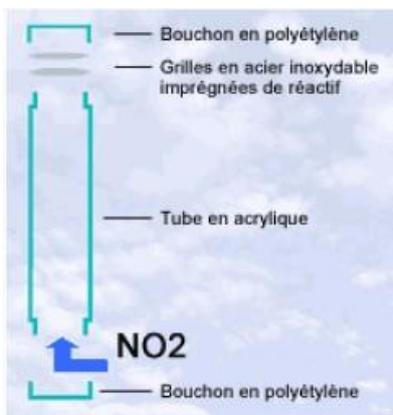


Figure 3 : Schéma d'un tube passif de NO₂



Figure 4 : Photographie d'un tube passif SO₂ et d'un tube passif SO₂ sur un support

3.1.2. Les analyseurs automatiques

Parmi les sites de mesures sélectionnées pour la pose d'échantillonneurs passifs, quatre correspondent aux lieux d'implantation des **stations fixes** du réseau de surveillance de la qualité de l'air : les stations de Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot et Anse Vata.

Les analyseurs du réseau de surveillance fournissent tous les ¼ d'heure, des valeurs de concentration en polluants, qui sont ensuite moyennées sur une heure pour obtenir des moyennes horaire de concentration en polluants dans l'air ambiant, selon les méthodes applicables de mesure de référence.

Sur ces quatre sites il est alors possible de **comparer les mesures réalisées par des échantillonneurs passifs** avec les mesures faites en continu par les analyseurs à la même période et d'identifier d'éventuels écarts entre les résultats de ces deux moyens de mesure.

Cette méthode constitue un moyen de **vérification** et de **validation** couramment utilisé par les organismes de surveillance de la qualité de l'air.

3.2. Stratégie d'échantillonnage

3.1.1. Les périodes de mesures

Dans le respect des recommandations du laboratoire *Passam AG*, les tubes passifs sont exposés durant **7 jours** pour les campagnes réalisées en 2012, 2013 et 2014.

Les dates des campagnes sont les suivantes :

- En 2012 du 15 au 22 février – **saison chaude**
- En 2013 du 27 février au 06 mars – **saison chaude**
- En 2013 du 20 au 27 juin – **saison fraîche**
- En 2014 du 19 au 26 mars – **saison chaude**
- En 2014 du 23 au 30 juin – **saison fraîche**

3.1.2. Les sites de mesures

Afin d'effectuer un suivi de l'évolution des niveaux de polluants mesurés d'une campagne à l'autre, la même base des points de mesure a été conservée depuis 2009. La **sélection des sites de mesure** est ensuite réalisée après avoir identifié les zones les plus impactées par les pollutions d'origine routière et/ou industrielle au cours des campagnes précédentes sur l'ensemble de l'agglomération de Nouméa.

Chaque site, identifié par un nom de rue et un numéro, correspond à une typologie précise :

Urbaine de fond, Trafic ou **Industrielle** (à noter que les sites périurbains ont été assimilés à des sites urbains de fond).

Les polluants mesurés, et par extension le type d'échantillonneur, ont été sélectionnés en fonction des caractéristiques du site :

- le dioxyde d'azote (**NO₂**) est principalement issu des émissions du **trafic routier**,
- le dioxyde de soufre (**SO₂**) est « traceur » des émissions **industrielles**.

L'ensemble des sites sélectionnés, pour les 5 campagnes d'études traitées dans le présent rapport, sont listés dans le **tableau III** (numéro, nom des emplacements, typologie des sites et polluants mesurés) suivant. Leur répartition géographique sur la ville de Nouméa est représentée sur la **figure 5**.

Tableau III : Liste des sites de mesure et polluants mesurés

N° site	Site de mesure	Typologie	polluants mesurés en 2012	polluants mesurés en 2013	polluants mesurés en 2014
1	Tindu	Urbaine de fond	SO ₂	SO ₂	SO ₂
2	Kaméré	Urbaine de fond	SO ₂	SO ₂	SO ₂
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	SO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	NO ₂	NO ₂	NO ₂
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	SO ₂	SO ₂	SO ₂
9.1	Numbo	Industrielle	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
10.1	Station Logicoop	Industrielle	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
10.2	R. S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
11	R. Caulry / R. Audrain - Ducos	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	SO ₂	SO ₂	SO ₂
14	R. Iekawe - 6e km	Trafic	NO ₂	NO ₂	NO ₂
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
17	R. Coudelou - Ducos	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
20.1	Station Montravel	Industrielle	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
23	Rd-point Berthelot	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
24.3	R. M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	/	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	NO ₂	NO ₂	NO ₂
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
30	Sénat coutumier	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	SO ₂	SO ₂	SO ₂
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	SO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	NO ₂	NO ₂	NO ₂
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
38.2	R. Benebig - VDC	Trafic	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
49	Motor Pool	Trafic	SO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
52	Hippodrome	Urbaine de fond	/	SO ₂ / NO ₂	SO ₂ / NO ₂
Nombre de site de mesure			34	36	36

typologie	Urbaine de fond	Industrielle	Trafic
-----------	-----------------	--------------	--------

NB : Les sites ne faisant pas l'objet de mesure sont indiqués par des slashes.

NB : les concentrations en SO₂ de la campagne de juin 2014 ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

Scal-Air – oct. 2014

Campagnes de mesures par échantillonnage passif SO₂-NO₂
sur la ville de Nouméa – de 2012 à 2014

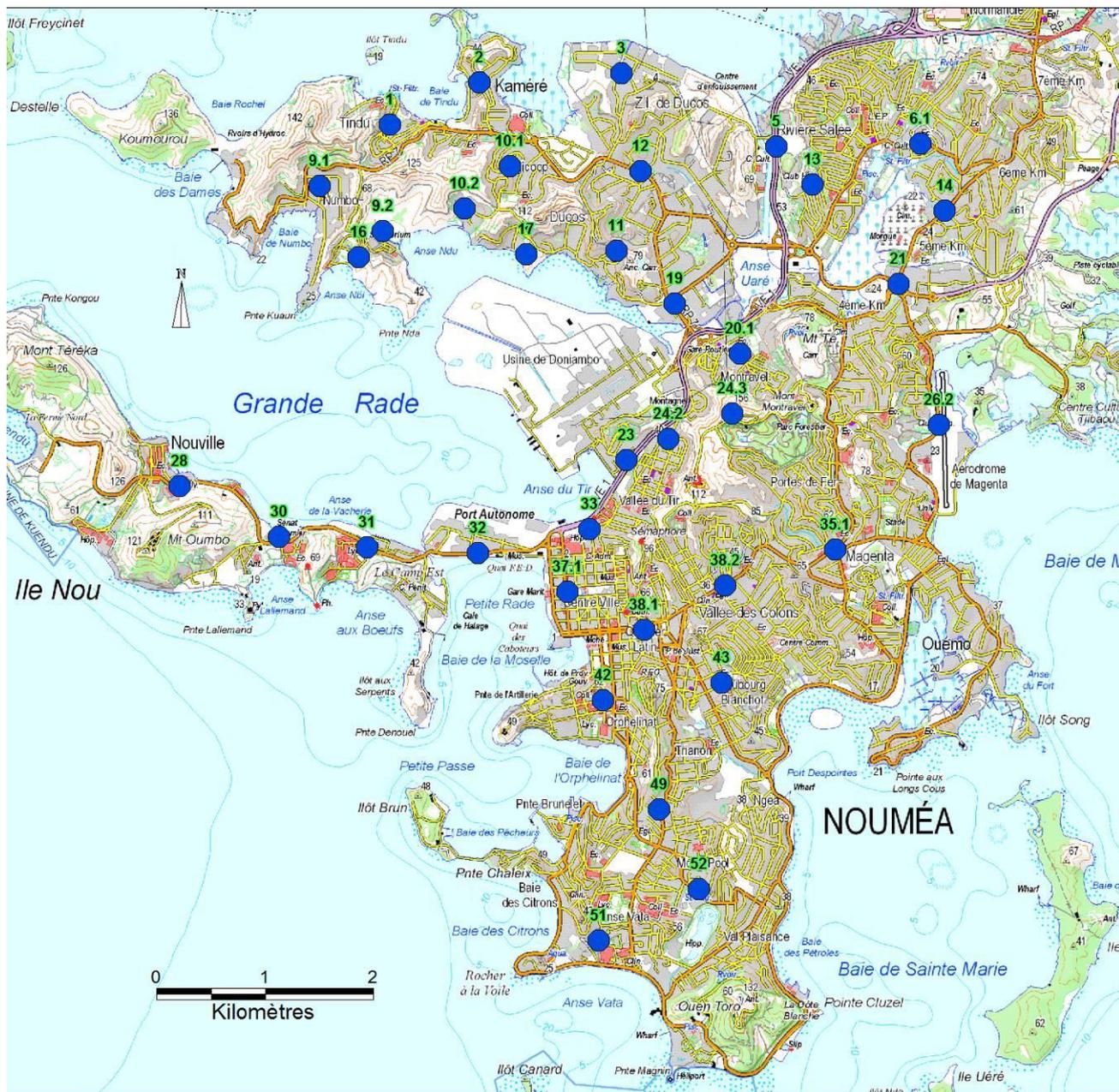


Figure 5 : Répartition géographique des sites de mesure par échantillonnage passif sur la ville de Nouméa (campagnes 2012, 2013 et 2014)

3.1.3. Contrôle qualité

➤ Duplicatas de tubes passifs (mesures répétées)

Afin de limiter les incertitudes liées au dispositif de mesure, chaque site a fait l'objet de **doublons de mesures** : 2 échantillonneurs passifs identiques ont été installés sur chaque site et pour chaque polluant mesuré.

Les concentrations mesurées par tous les tubes sont fournies par le laboratoire d'analyse *Passam AG*. Les résultats sont ensuite calculés à chaque point de mesure et pour chaque polluant, en faisant la **moyenne des deux concentrations mesurée** (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par les 2 tubes identiques placés sur un même site de mesure.

Ces duplicatas permettent de **vérifier la qualité** des résultats des mesures (la précision de la mesure) et la **répétabilité** des tubes, c'est-à-dire l'écart de concentration entre plusieurs tubes placés sur un même site.

Si les deux résultats d'un duplicata diffèrent considérablement (résultats qui varient par un facteur de 2), le résultat incohérent obtenu pour le site de mesure concerné est invalidé.

Cette situation s'est présentée au cours des deux campagnes réalisées en **2014** pour le **dioxyde de soufre** uniquement.

Au cours de la campagne de mars 2014, nous avons observé **cinq sites** de mesure pour lesquels les valeurs doublées ont donné des résultats incohérents. Les résultats de ces cinq sites de mesure ont été écartés et sont visibles sur le [tableau IV p. 21](#).

En juin 2014, les résultats de concentration en SO_2 de la campagne de mesure ont révélé près de 59% de résultats de concentration en SO_2 non exploitables : résultats des duplicatas de mesure très différents ; non répétabilité des mesures.

Ainsi, il a été décidé **d'écarter l'ensemble des résultats de cette campagne de juin 2014 pour le SO_2** par souci de rigueur scientifique.

➤ Analyse des tubes passifs « blancs »

La mesure des **tubes blancs** permet d'évaluer l'éventuelle dérive des solutions chimiques pendant leur préparation et leur conservation au cours de l'étude et également de vérifier l'éventuelle contamination des tubes passifs.

Pour cela, des tubes identiques à ceux exposés sur les sites de mesures ont été utilisés, à la différence que ces derniers ne sont pas exposés à l'air ambiant.

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

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

L'ensemble des tubes non exposés ont donné, pour les campagnes traitées, des valeurs inférieures à la limite de détection. Ainsi, on estime que la contamination est nulle ou très faible.

4. Résultats et discussion

4.1. Influence de la météorologie

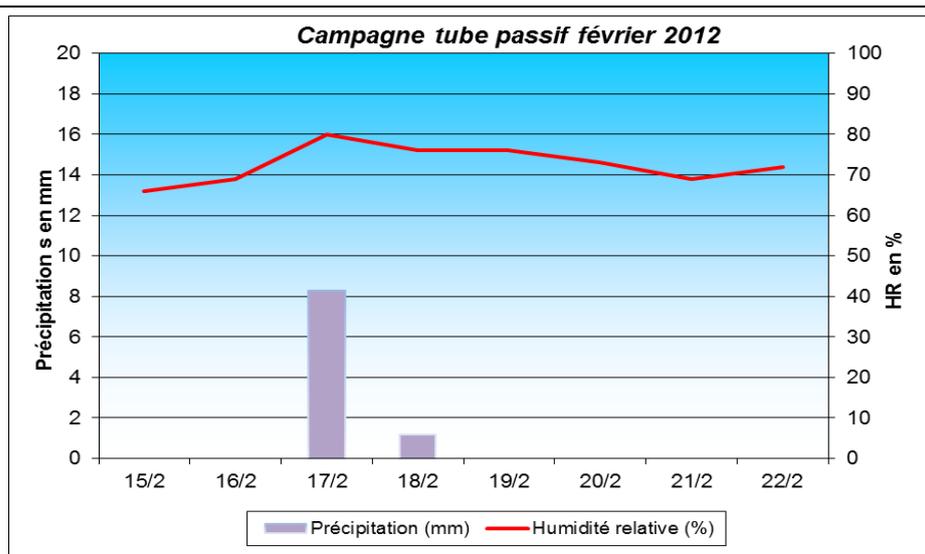
Les paramètres météorologiques susceptibles d'avoir une influence sur la concentration en polluants en un site donné sont avant tout la **vitesse** et la **direction du vent**, les **précipitations éventuelles**, la **température de l'air** et l'**hygrométrie**.

Les [figures 6 à 10](#) suivantes présentent les données correspondantes aux conditions météorologiques rencontrées lors des campagnes de mesure de 2012, 2013 et 2014, issues des observations réalisées par Météo France sur la station de Nouméa.

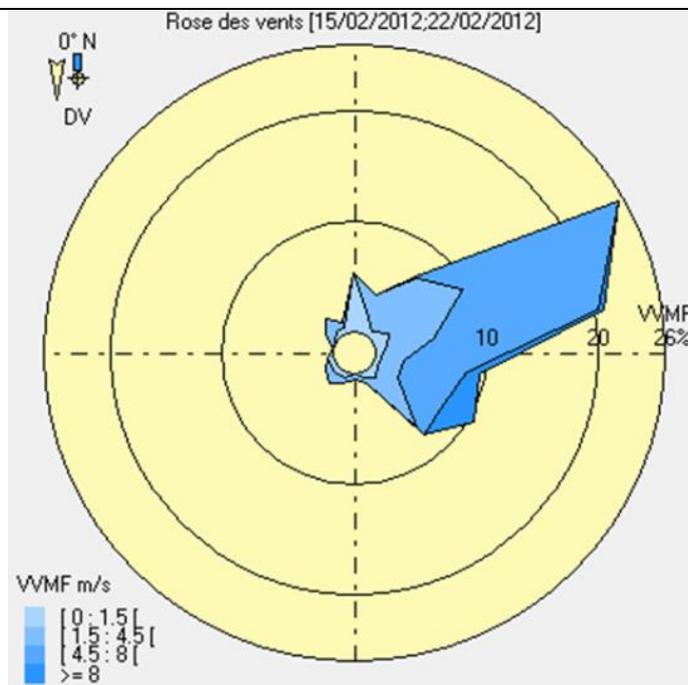
campagne février 2012

15/02 au 22/02

saison chaude



secteurs vent en degrés	vitesse vent en m/s				
	[0 : 1.5 [	[ 1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	Cumul
[350 : 10 [	5.2				5.2
[10 : 30 [	1.6	2.1			3.6
[30 : 50 [	0.5	6.2	0.5		7.3
[50 : 70 [	1.6	7.8	16.1		25.5
[70 : 90 [	1	4.2	15.1	0.5	20.8
[90 : 110 [	0.5	2.1	5.7	1	9.4
[110 : 130 [	0.5	2.1	4.7	3.1	10.4
[130 : 150 [	1	5.7	1		7.8
[150 : 170 [	0.5	0.5			1
[170 : 190 [		0.5			0.5
[190 : 210 [	0.5	0.5			1
[210 : 230 [	0.5	1			1.6
[230 : 250 [	0.5	0.5			1
[250 : 270 [	0.5				0.5
[270 : 290 [
[290 : 310 [		1			1
[310 : 330 [	0.5	1.6			2.1
[330 : 350 [	0.5	0.5			1
Cumul	15.6	36.5	43.2	4.7	100%



Commentaire :

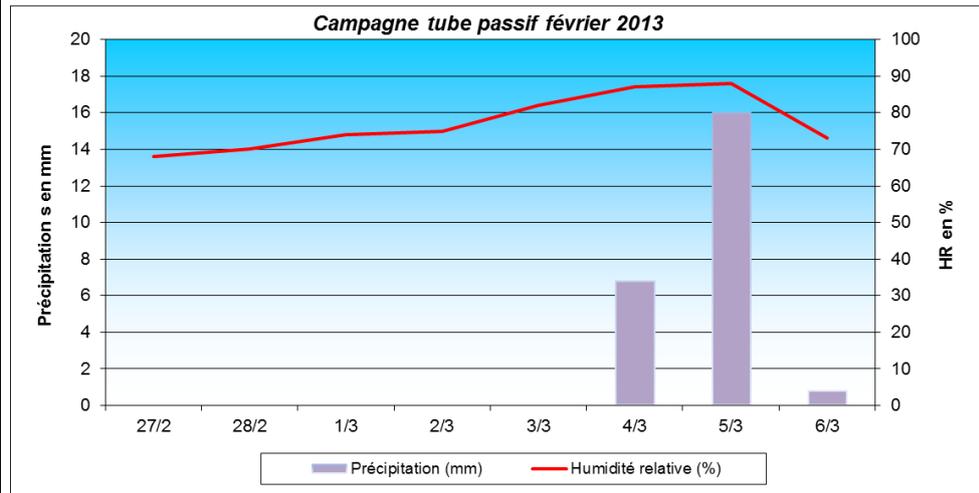
- Cumul des précipitations sur la semaine de campagne : **9.5 mm** (répartis sur 2 jours)
- Globalement les vents sont de secteurs E
- 55,7 % des vents observés sont de secteurs NE à ESE (50-110°)
- les vents de secteurs **50-70°** sont les plus fréquents (25.5 %)
- Des vents de secteurs ESE à SE sont observés **19.8 %** du temps, ils représentent le régime d'alizés
- On observe en majorité des vents moyens (4.5 à 8 m/s)
- A noter que les vents forts (≥ 8 m/s) sont observés **4.7 %** du temps sur la semaine de campagne

Figure 6 : Conditions météorologiques - volume des précipitations, humidité relative, rose des vents et vitesses de vents – rencontrées au cours de la campagne de février 2012

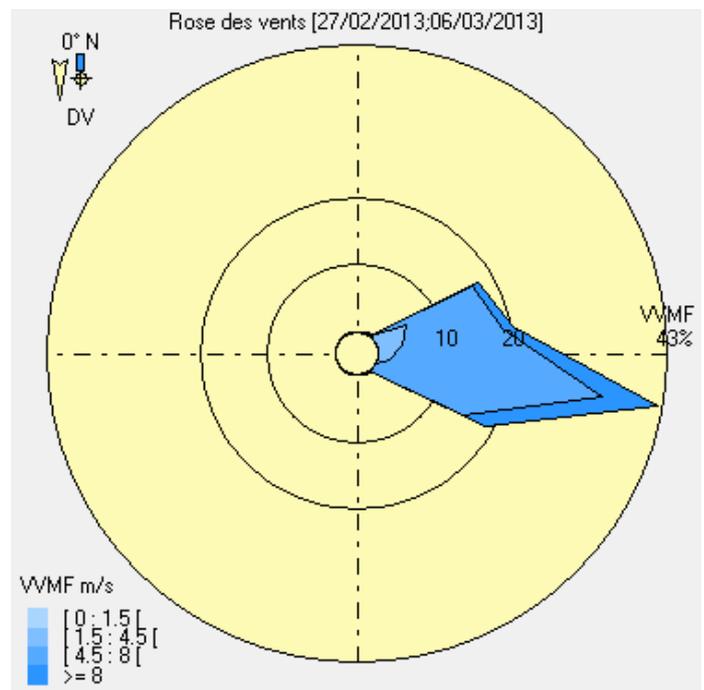
campagne février 2013

27/02 au 06/03

saison chaude



secteurs vent en degrés	vitesse vent en m/s			
	[1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	Cumul
[350 : 10 [
[10 : 30 [
[30 : 50 [		0.5		0.5
[50 : 70 [	5.2	11.5	1	17.7
[70 : 90 [	3.6	15.1	1.6	20.3
[90 : 110 [	1.6	32.3	8.3	42.2
[110 : 130 [		15.1	3.6	18.7
[130 : 150 [		0.5		0.5
[150 : 170 [
[170 : 190 [
[190 : 210 [
[210 : 230 [
[230 : 250 [
[250 : 270 [
[270 : 290 [
[290 : 310 [
[310 : 330 [
[330 : 350 [
Cumul	10.4	75	14.6	100%



Commentaire :

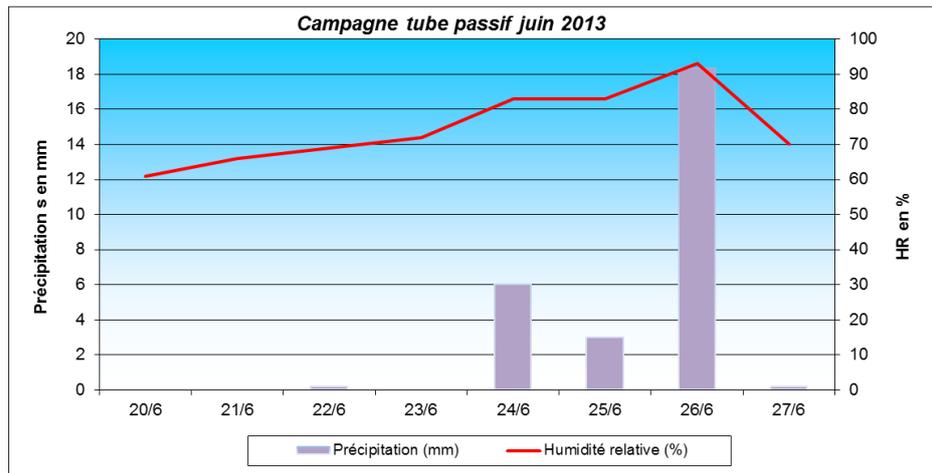
- Cumul des précipitations sur la semaine de campagne : **23.6** mm (répartis sur 3 jours)
- Les vents sont essentiellements de secteurs E
- 80,2 % des vents observés sont de secteurs NE à ESE (50-110°)
- les vents de secteurs **90-110°** sont les plus fréquents (42.2 %)
- Des vents de secteurs E à SE sont observés **60.9** % du temps, ils représentent le régime d'alizé
- On observe en majorité des vents moyens (4.5 à 8 m/s)
- A noter que les vents forts (≥ 8 m/s) sont observés **14.6** % du temps sur la semaine de campagne

Figure 7 : Conditions météorologiques - volume des précipitations, humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de février 2013

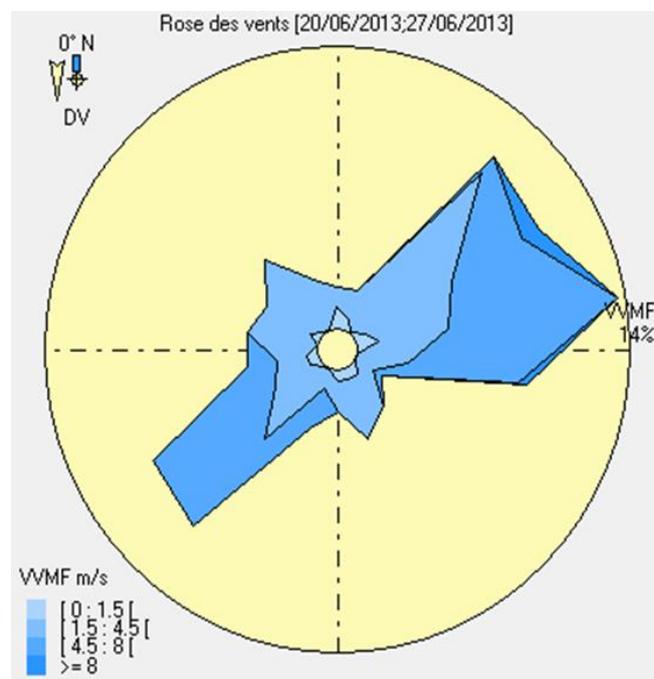
campagne juin 2013

20/06 au 27/06

saison fraîche



secteurs vent degrés	vitesse vent m/s				Cumul
	[0 : 1.5 [	[ 1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	
[350 : 10 [	1	1			2.1
[10 : 30 [	0.5	1.6			2.1
[30 : 50 [		10.4	1		11.5
[50 : 70 [	0.5	5.2	4.2	1	10.9
[70 : 90 [	1	3.6	8.9		13.5
[90 : 110 [		2.6	5.7	0.5	8.9
[110 : 130 [		1	0.5		1.6
[130 : 150 [	0.5	2.1			2.6
[150 : 170 [	0.5	3.1			3.6
[170 : 190 [	0.5	1.6			2.1
[190 : 210 [		1	2.1		3.1
[210 : 230 [		4.7	5.7		10.4
[230 : 250 [	0.5	2.1	7.3		9.9
[250 : 270 [	0.5	1.6	1.6		3.6
[270 : 290 [		3.6			3.6
[290 : 310 [	0.5	2.6			3.1
[310 : 330 [		4.7			4.7
[330 : 350 [		2.6			2.6
Cumul	6.2	55.2	37	1.6	100%



Commentaire :

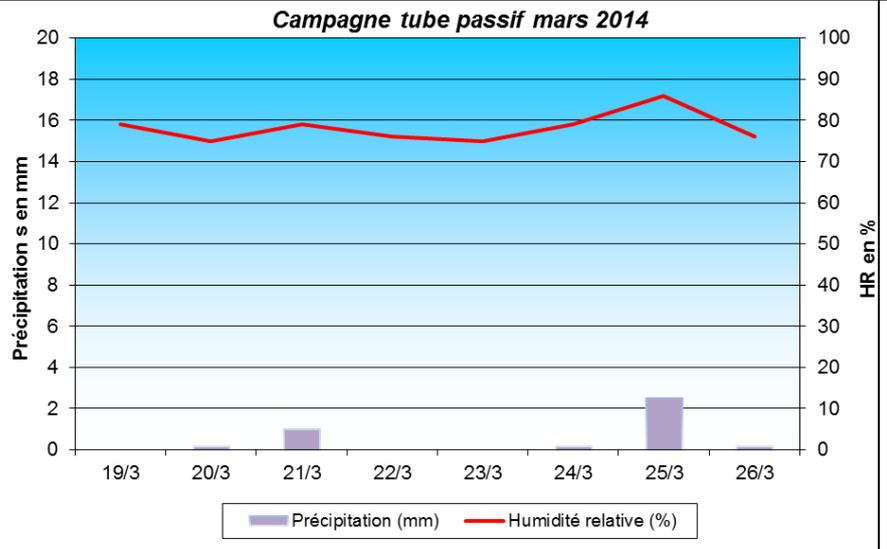
- Cumul des précipitations sur la semaine de campagne : **27.7** mm (répartis sur 3 jours)
-
- **44,8** % des vents observés sont de secteurs NNE à ESE (30-110°)
- **27** % des vents observés sont de secteurs SSO à O (190-270°)
- les vents de secteurs **70-90°** sont les plus fréquents (13.5 %)
- Le régime d'alizés est relativement peu fréquent (10.5 % du temps)
- On observe en majorité des vents faibles (1.5 à 4.5 m/s)
- A noter que les vents forts (≥ 8 m/s) sont très peu observés, **1.6** % du temps sur la semaine de campagne

Figure 8 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de juin 2013

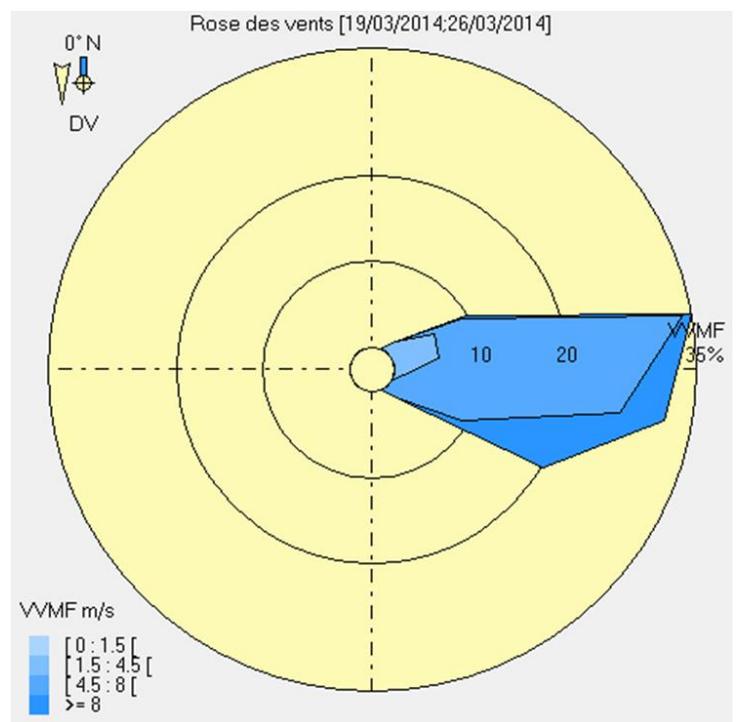
campagne mars 2014

19/03 au 26/03

saison chaude



secteurs vent degrés	vitesse vent m/s			Cumul
	[1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	
[350 : 10 [
[10 : 30 [
[30 : 50 [	1.6			1.6
[50 : 70 [	5.7	3.6	0.5	9.9
[70 : 90 [	5.2	28.6	1	34.9
[90 : 110 [	1	25.5	5.2	31.8
[110 : 130 [		9.4	10.9	20.3
[130 : 150 [		1.6		1.6
[150 : 170 [
[170 : 190 [
[190 : 210 [
[210 : 230 [
[230 : 250 [
[250 : 270 [
[270 : 290 [
[290 : 310 [
[310 : 330 [
[330 : 350 [
Cumul	13.5	68.7	17.7	100%



Commentaire :

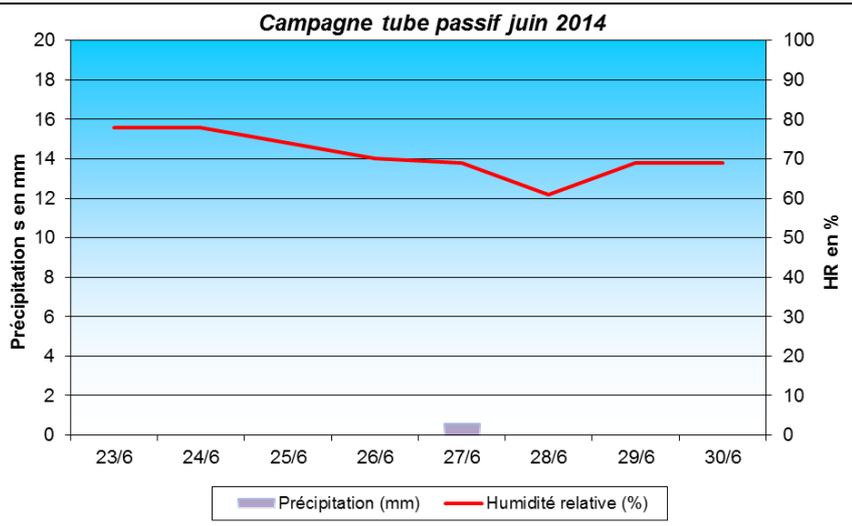
- Cumul des précipitations sur la semaine de campagne : **4.1** mm (répartis sur 5 jours)
- Les vents sont essentiellement de secteurs E
- **87** % des vents observés sont de secteurs E à SE (70-130°)
- les vents de secteurs **70-90°** sont les plus fréquents (34.9 %)
- Des vents de secteurs E à SE sont observés **52.1** % du temps, ils représentent le régime d'alizé
- On observe en majorité des vents d'intensité moyenne (4.5 à 8 m/s)
- A noter que les vents forts (≥ 8 m/s) sont observés **17.7** % du temps sur la semaine de campagne

Figure 9 : Conditions météorologiques - volume des précipitations, humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de mars 2014

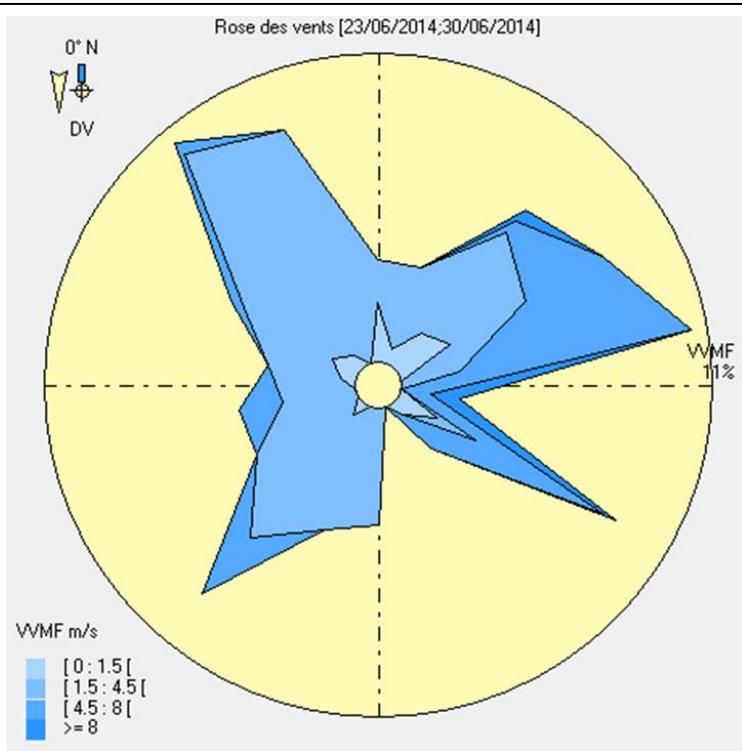
campagne juin 2014

23/06 au 30/06

saison fraîche



secteurs vent degrés	vitesse vent m/s				Cumul
	[0 : 1.5 [	[ 1.5 : 4.5 [	[ 4.5 : 8 [	>= 8	
[350 : 10 [	2.1	1.6			3.6
[10 : 30 [	0.5	3.1			3.6
[30 : 50 [	1.6	4.7	0.5	0.5	7.3
[50 : 70 [	2.1	3.1	3.1		8.3
[70 : 90 [		2.1	8.3		10.4
[90 : 110 [			1	1	2.1
[110 : 130 [	1.6	1.6	5.2	0.5	8.9
[130 : 150 [	0.5		1.6		2.1
[150 : 170 [
[170 : 190 [		4.2			4.2
[190 : 210 [		4.7			4.7
[210 : 230 [	0.5	5.7	2.6		8.9
[230 : 250 [		4.2			4.2
[250 : 270 [		2.6	1.6		4.2
[270 : 290 [	0.5	2.6			3.1
[290 : 310 [	1	3.6	0.5		5.2
[310 : 330 [	0.5	9.4	0.5		10.4
[330 : 350 [		8.9			8.9
Cumul	10.9	62	25	2.1	100%



Commentaire :

- Cumul des précipitations sur la semaine de campagne : **0.6 mm** (répartis sur 1 jour)
- Les vents sont de secteurs variables : les vents moyens à forts sont de secteurs ENE à ESE et SO, les vents faibles sont de secteur NO décroissants vers le secteur SO, puis de secteur NE et enfin SE
- **26 %** des vents observés sont de secteurs NNE à E (30-90°)
- **24.5 %** des vents observés sont de secteurs ONO à NNO (290-350°)
- Le régime d'alizé est observé **11 %** du temps (E-SE)
- On observe en majorité des vents faibles (1.5 à 4.5 m/s)
- A noter que les vents forts (≥ 8 m/s) sont peu observés, **2.1 %** du temps sur la semaine de campagne

Figure 10 : Conditions météorologiques - volume des précipitations, humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de juin 2014

4.2. Résultats : les données brutes

Les mesures par échantillonnage passif permettent de connaître les valeurs moyennes des concentrations en polluants correspondant à la période d'exposition de **7 jours**. Elles sont représentatives d'un domaine restreint autour du site de mesures.

Les résultats bruts sont reportés dans le **tableau IV**. Ils sont issus des concentrations moyennes (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par polluant et par site de mesure, fournies par le laboratoire d'analyse *Passam AG*.

Tableau IV : Concentrations moyennes en NO₂ et SO₂ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenues au cours des campagnes de mesure de 2012 à 2014, par polluant et par site de mesure.

N° site	Site de mesure	Typologie	SO ₂ 2012	NO ₂ 2012	SO ₂ fev-2013	NO ₂ fev-2013	SO ₂ juin-2013	NO ₂ juin-2013	SO ₂ mars-2014	NO ₂ mars-2014	NO ₂ juin-2014
1	Tindu	Urbaine de fond	3.0	/	6.2	/	3.7	/	3.1	/	/
2	Kaméré	Urbaine de fond	4.9	/	2.8	/	3.8	/	1.8	/	/
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	2.6	/	0.5	12.0	6.9	27.8	1.3	15.9	24.8
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	/	28.5	/	15.1	/	50.5	/	19.4	48.4
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	5.3	/	2.3	/	dégradation	/	2.2		/
9.1	Numbo	Industrielle	7.7	9.1	12.0	7.5	5.4	15.6	10.8	9.5	12.7
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	18.4	/	32.5	/	6.5	/	20.4	/	/
10.1	Station Logicoop	Industrielle	4.8	7.5	2.5	5.1	6.9	12.7	0.7	5.5	7.7
10.2	R. S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	11.0	/	19.7	/	4.6	/	10.1	/	/
11	R. Caulry / R. Audrain - Ducos	Industrielle	4.3	/	0.7	/	3.7	/		/	/
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	2.7	24.3	2.1	21.0	3.1	38.7		22.6	35.0
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	4.2	/	2.4	/	6.9	/	1.0	/	/
14	R. Iekawe - 6e km	Trafic	/	24.6	/	18.5	/	40.5	/	21.7	36.1
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	9.2	/	39.8	/	6.0	/	20.7	/	/
17	R. Coudelou - Ducos	Industrielle	13.2	/	16.1	/	10.1	/	12.9	/	/
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	10.2	19.6	3.3	12.1	11.4	41.4	1.2	15.0	42.9
20.1	Station Montravel	Industrielle	1.8	7.3	1.4	4.1	10.9	21.4	0.7	4.1	17.8
21	Rd Pt Rabet - Belle Vie	Trafic	/	21.8	1.8	12.9	7.3	49.0	0.0	16.2	48.3
23	Rd-point Berthelot	Trafic	4.2	33.5	1.2	27.2	7.6	57.8	0.3	32.0	57.1
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	2.5	/	1.2	/	5.2	/	0.4	/	/
24.3	R. M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	/	/	1.4	3.1	5.1	11.2	0.4	4.9	7.5
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	/	13.4	/	8.8	/	24.4	/	9.4	26.1
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	8.6	10.7	6.3	6.1	5.4	14.4		12.6	10.8
30	Sénat coutumier	Industrielle	8.7	/	2.0	/	5.8	/	1.9	/	/
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	9.7	/	2.0	/	12.0	/	2.4	/	/
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	7.9	/	7.0	17.9	6.5	40.1	7.6	22.5	39.6
33	Rd Pt Patch - Centre-ville	Trafic	/	15.2	/	8.8	/	15.9	/	11.8	30.1

35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	2.0	25.9	1.3	23.7	3.3	44.7	1.1	29.1	37.4
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	3.0	24.0	1.2	21.9	4.6	38.8	X	26.0	39.0
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	3.5	23.9	2.5	19.1	6.6	44.5	0.0	21.4	43.8
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	2.5	13.9	2.6	7.9	5.1	42.0	2.1	9.5	41.9
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	/	29.7	2.3	26.4	5.3	49.3	0.5	26.6	48.9
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	1.9	5.1	1.0	2.8	4.0	15.8	X	4.6	16.6
49	Motor Pool	Trafic	2.6	/	0.9	7.1	3.3	25.4	1.2	8.1	31.6
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	7.2	5.1	1.4	3.5	4.1	10.9	0.6	3.7	14.5
52	Hippodrome	Urbaine de fond	/	/	2.1	6.1	4.6	23.6	0.3	4.8	20.3

NB : Les concentrations sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Limites de détection = $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

NB : Les sites ne faisant pas l'objet de mesure sont indiqués par des slashes.

NB : en mars 2014, les sites de mesure de SO_2 barrés sur fond rouge correspondent aux mesures en duplicata erronées, non retenues dans le jeu de données.

NB : les concentrations en SO_2 de la campagne de juin 2014 ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

4.3. Validation des données

Afin d'exploiter rigoureusement les résultats des campagnes, 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, par la communauté scientifique pour valider les données brutes de terrain et seule l'expertise humaine peut permettre la validation finale. Néanmoins, certaines méthodes peuvent servir de guide à la décision.

Dans un rapport d'étude (octobre 2014) : **SCAL-AIR : Nouvelle approche de traitement des données brutes issues de l'échantillonnage passif de 2009 à 2014**, Scal-Air propose une **méthode de correction et de normalisation des données brutes** issues des campagnes de mesure réalisées par échantillonnage passif de 2009 à 2014 (soit 8 campagnes), ainsi qu'une représentation spatiale annuelle de la pollution au SO_2 et NO_2 sur l'agglomération de Nouméa.

Dans un souci de cohérence avec les rapports d'études des campagnes précédentes et pour une comparaison saisonnière et annuelle rigoureuse des résultats, le présent rapport exploite uniquement les **données brutes** issues des tubes passifs sans corrections intermédiaires.

4.3.1. Incertitudes et erreurs de mesure

4.3.1.1. Les sources des incertitudes de mesure

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 laboratoire fournisseur *Passam AG*, l'incertitude maximale de mesure pour chaque type de tube est de :

- **19 %** pour le NO_2 , sans distinction de concentration,
- **25,4 %** pour le SO_2 , pour des concentrations supérieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (information valable depuis le 01/04/2014)³

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 :

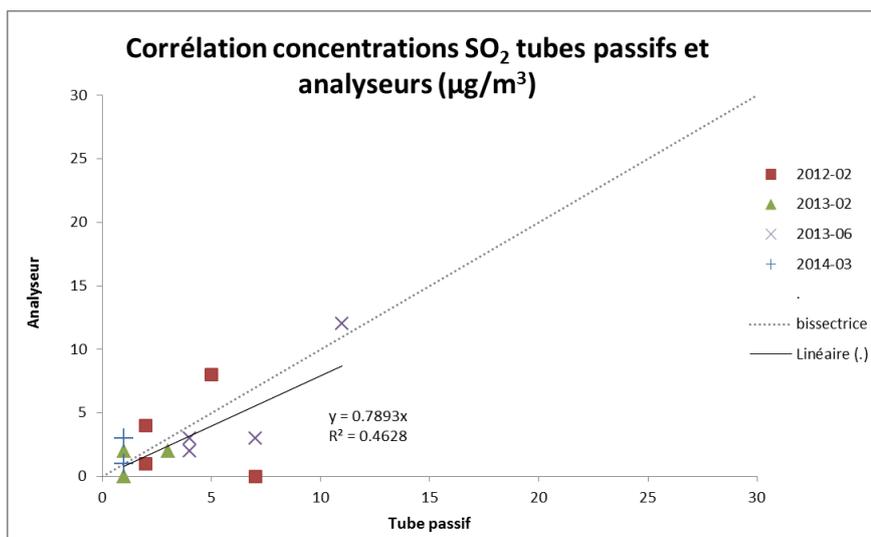
- Le **conditionnement** des tubes (pièce climatisée / réfrigérateur),
- Le **transport** dans des compartiments thermiquement isolés et protégeant de la chaleur,
- Les modes d'installation et de récupération des tubes selon les recommandations du fournisseur.
- L'utilisation de **duplicatas** : pour chaque site de mesure et pour chaque polluant.
- Le choix de sites de mesure identiques aux **stations fixes** du réseau de Nouméa (Logicoop, Montravel, Anse Vata et Faubourg Blanchot). Ces points de mesure peuvent servir de **référence** pour effectuer des comparaisons aux données des analyseurs ou effectuer certaines méthodes de correction des données brutes.

4.3.2. Comparaison aux données mesurées par les analyseurs automatiques

L'**analyse comparative**, des mesures de SO_2 et de NO_2 obtenues par tubes passifs, avec les valeurs moyennes sur la même période relevées sur les analyseurs des stations fixes du réseau de Nouméa, permet d'apprécier la **représentativité** des mesures de la campagne.

Ont été confrontées, [figure 11](#) les moyennes sur 7 jours obtenues par tubes passifs avec les moyennes sur 7 jours des stations fixes pour les campagnes de **2012 à 2014**.

Malgré un écart récurrent entre la réponse moyenne des tubes passifs et la concentration de référence des quatre analyseurs (de Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot et Anse Vata), les réponses obtenues par tubes passifs mesurant le SO_2 et le NO_2 sont **globalement bien corrélés** avec les mesures obtenues par les analyseurs, sauf en 2012 où la corrélation est moyenne.



³ A noter- informations techniques du laboratoire valables avant le 01/04/2014 :

Incertainité maximale de 57 % pour le SO_2 , pour des concentrations mesurées inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 22.1 % pour le SO_2 , pour des concentrations comprises entre 20 et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

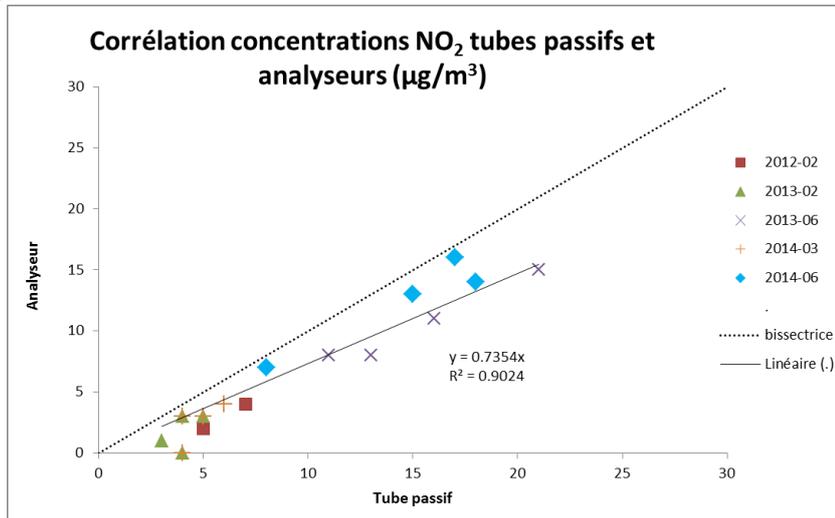


Figure 11 : Corrélation linéaire entre les concentrations en SO₂ (haut) et NO₂ (bas) obtenues par échantillonnage passif et par les analyseurs des stations fixes de Nouméa (Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot, Anse Vata), pour les campagnes de 2012, 2013 et 2014.

NB : certains points sont identiques et se confondent sur la figure de corrélation pour le SO₂ (cas des campagnes 2013-02 et 2014)

Concernant le SO₂, la régression linéaire obtenue sur le jeu de données présente un coefficient directeur égal à **0,79** associé à un R² égal à **0,46**. Il existe une **légère surestimation** des concentrations enregistrées par les tubes passifs par rapport aux analyseurs pour la campagne de juin 2013. On notera que les corrélations obtenues pour les campagnes de 2009 à 2011, montraient une tendance à la surestimation des concentrations enregistrées par les analyseurs⁴.

Pour les campagnes de février 2012, 2013 et de mars 2014, les concentrations moyennes obtenues au niveau des stations fixes sont globalement « **équilibrées** », c'est-à-dire sans une tendance plus forte à une surestimation ou une sous-estimation des concentrations en SO₂. Les concentrations en SO₂ mesurées en février 2013 et mars 2014 sont relativement faibles.

Concernant le NO₂, la régression linéaire obtenue présente un coefficient directeur égal à **0,74** associé à un R² égal à **0,90**. Il existe globalement pour les 5 périodes de mesures, une **surestimation** des concentrations enregistrées par les tubes passifs par rapport aux analyseurs.

Les concentrations en polluants obtenues en saison fraîches (juin 2013 et 2014), sont plus fortes que celles mesurées en saison chaudes (février 2012 et 2013).

Globalement, on obtient une **meilleure corrélation** des mesures réalisées pour le polluant NO₂ (coefficient de corrélation proche de 1) que pour le SO₂ qui présente des écarts de concentrations analyseurs-tubes passifs plus aléatoires selon les saisons et les années de mesures.

Ces différences observées entre concentrations « analyseur » et « échantillonnage passif » peuvent s'expliquer entre autre par :

- la différence des techniques métrologiques utilisées (chimiluminescence pour les analyseurs et réactifs chimiques pour l'échantillonnage passif⁵).

⁴ Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa – rapport d'étude juin 2009
 Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa du 18 au 25 février 2010 – rapport d'étude juillet 2010
 Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂ sur la ville de Nouméa du 8 juin au 15 juin 2011 – rapport d'étude décembre 2011

⁵ Concernant les appareils de mesure il existe une incertitude des mesures effectuées par les analyseurs pour des concentrations faibles (0 à 5 µg/m³), pour le NO₂ et le SO₂. Selon le constructeur, le seuil de détection est de l'ordre de 2.67 µg/m³ pour l'analyseur de SO₂ et de 0.7 µg/m³ pour l'analyseur de NO₂.

- un biais systématique induit par les paramètres externes comme, la température, la vitesse du vent ou l'humidité, qui ne sont pas pris en compte dans le facteur de conversion utilisé dans le calcul des concentrations issues des tubes passifs par le fournisseur.
- l'absence de site trafic fixe pour la mesure du NO₂: La comparaison se base uniquement sur les mesures effectuées au niveau de stations urbaines et industrielles pour le NO₂ (polluant traceur de la circulation automobile)⁶.
- La méthode de régression linéaire (fig. 11), s'applique sur des séries de données comprenant seulement quatre analyseurs automatiques (4 couples de données). Une méthode statistique est d'autant plus rigoureuse qu'elle s'appuie sur un grand ensemble de données initiales.



Figure 12 : Echantillonneurs passifs installés sur le site de la station du Faubourg Blanchot (vue du toit), jauge Owen et têtes de prélèvements des analyseurs.

Dans les sections suivantes nous proposons, dans un premier temps, une interprétation des **données brutes** de concentration en polluants, issues des mesures par échantillonnage passif sur l'agglomération de Nouméa, des cinq campagnes de mesure **entre 2012 et 2014**.

Dans un deuxième temps, une comparaison aux campagnes précédentes, **depuis 2009**, sera effectuée, ainsi qu'une situation par rapport aux **normes réglementaires**.

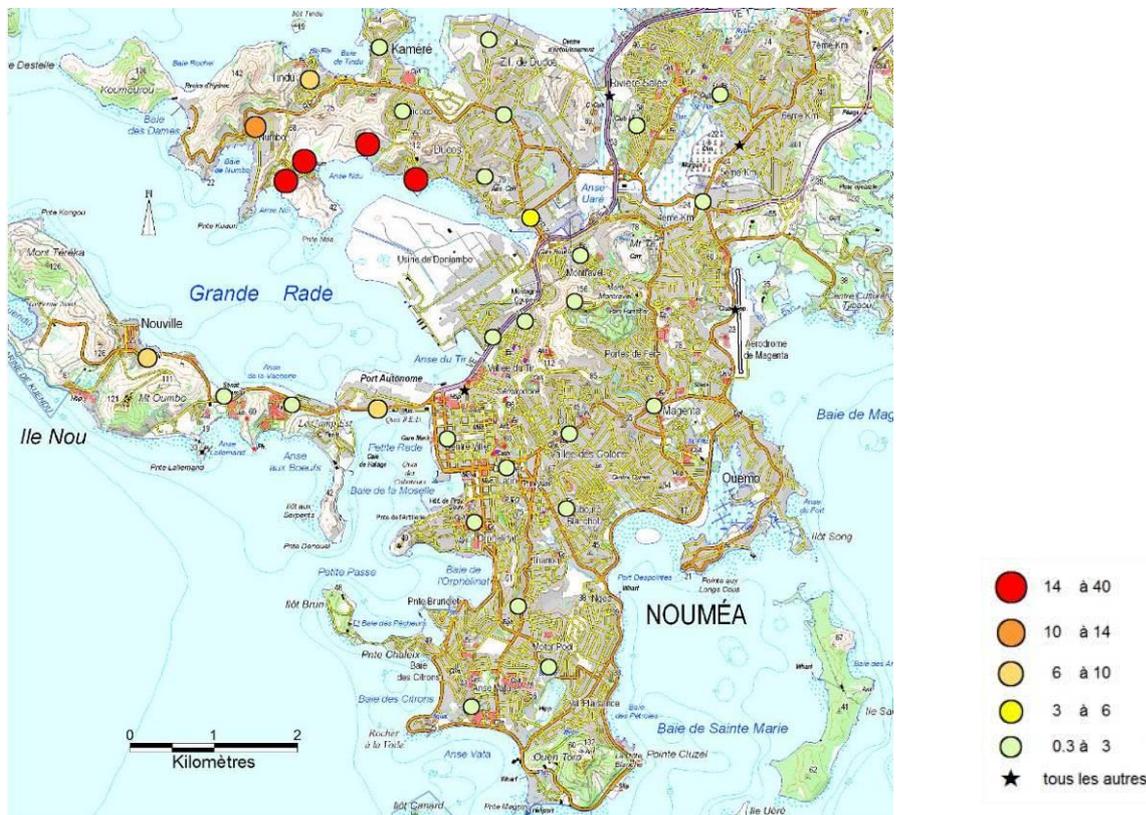
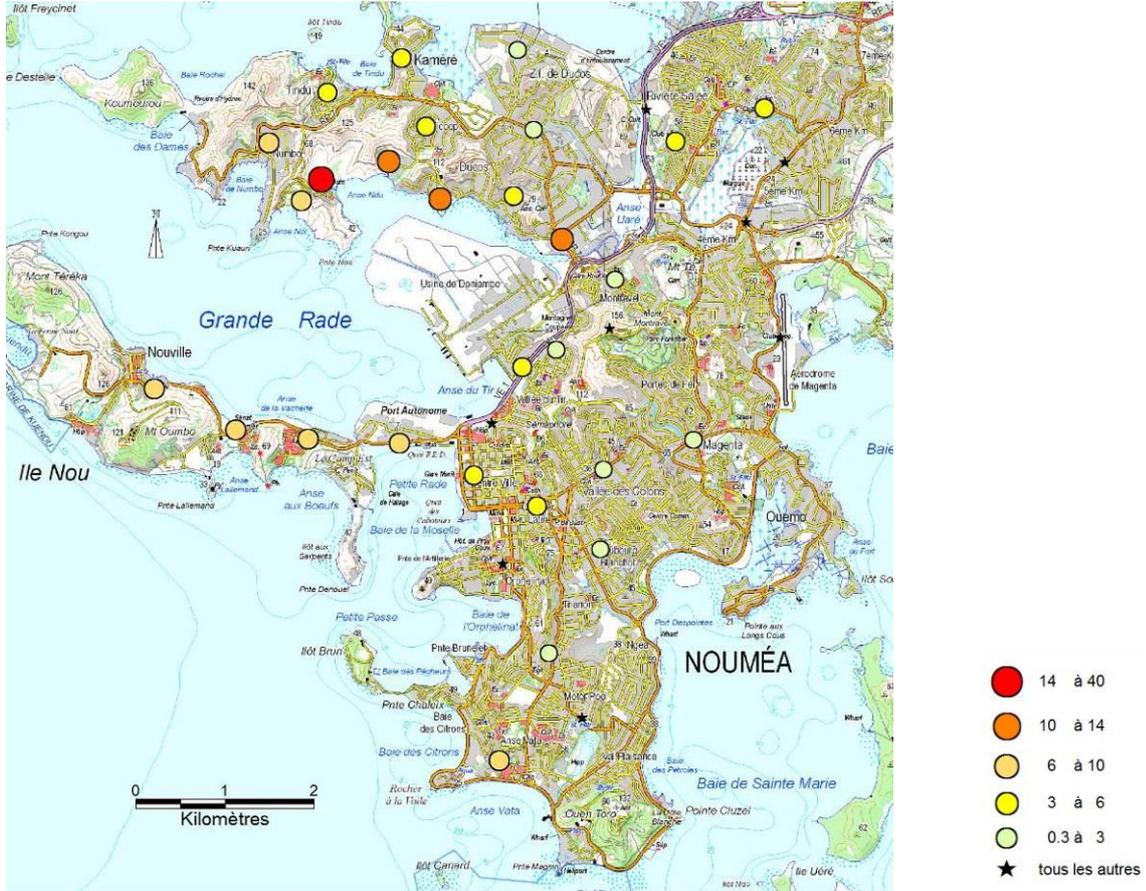
4.4. Représentations cartographiques et interprétations

Les représentations cartographiques ci-après ont été réalisées à partir des **données brutes** de concentrations en dioxyde de soufre et dioxyde d'azote des cinq campagnes menées en 2012, 2013 et 2014.

Depuis 2009, 8 campagnes de mesures par échantillonnage passif ont été réalisées par Scal-Air. L'expérience accumulée permet notamment d'affiner l'analyse des données récoltées, par comparaison des études et des conditions météorologiques.

⁶ Les concentrations mesurées sur ces stations sont très faibles, notamment en période de vents moyens à forts. Ainsi, les concentrations étant faibles sur ces sites, l'incertitude de mesure par analyseur l'est d'autant plus.

4.4.1. Dioxyde de soufre (SO₂)



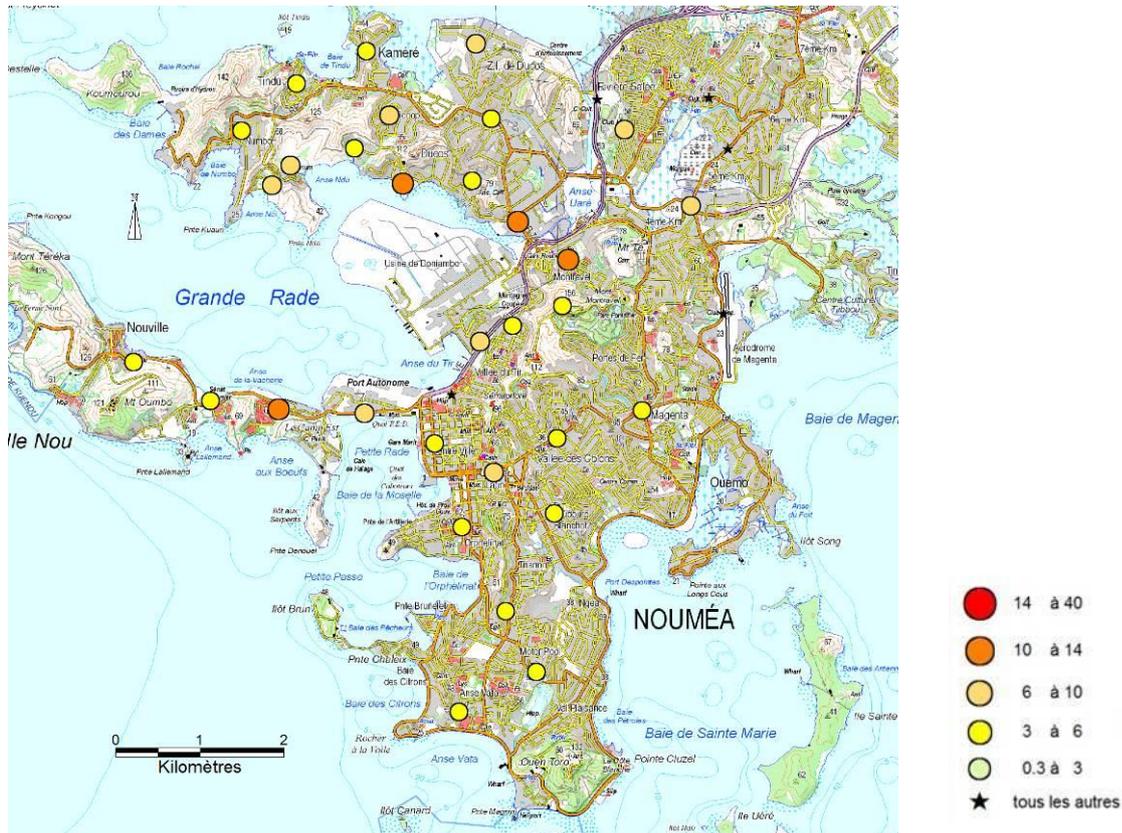


Figure 13 c. Concentrations moyennes en SO₂ (en µg/m³) - Campagne juin 2013 (du 20/06 au 27/06) - 31 sites de mesure

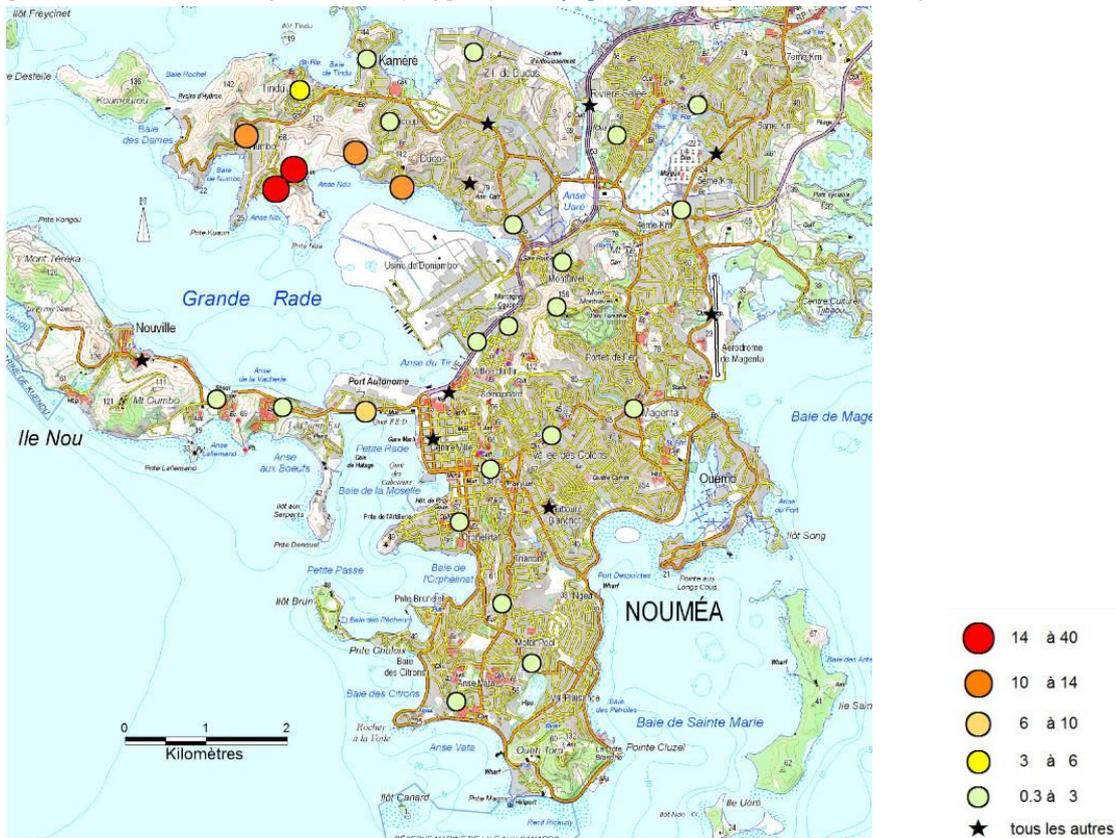


Figure 13 d. Concentrations moyennes en SO₂ (en µg/m³) - Campagne mars 2014 (du 19/03 au 26/03) - 27 sites de mesure

Figure 13 : Représentation cartographique des concentrations moyennes en SO₂ (en µg/m³) issues des campagnes de mesure par échantillonnage passif sur l'agglomération de Nouméa en 2012 (a) , 2013 (b et c) et 2014 (d)

NB : les concentrations en SO₂ de la campagne de juin 2014 ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

Sur la [figure 13](#), on observe une répartition caractéristique des concentrations en dioxyde de soufre, selon les deux saisons de mesures.

Les sites de mesures par tubes passifs, faisant l'objet des concentrations les plus élevées en **dioxyde de soufre** sont situés, pour les 3 campagnes de la **saison chaude** (février et mars, [fig. 13a, b, d](#)), au Nord-Ouest de la ville : quartiers de Ducos, Logicoop et Numbo.

En **saison fraîche**, les niveaux maximum en SO₂ sont d'un ordre de grandeur plus faible qu'en saison chaude et ils sont mesurés sur des sites bien répartis sur l'agglomération. Les valeurs mesurées sur le reste de la ville sont plus élevées qu'en saison chaude. Les concentrations maximales sont observés en pourtour du site de Doniambo : à l'entrée des presqu'îles de Nouville et de Ducos ainsi que dans le secteur de Montravel.

Il existe des sites communs aux campagnes réalisées durant les deux saisons, pour lesquels on observe des niveaux maximum en dioxyde de soufre comme la rue Coudelou à Ducos ou le rond-point de Papeete.

Les sites présentant des concentrations maximales en SO₂ pour les 4 campagnes sont de typologie industrielle, sauf le rond-point Papeete de typologie trafic ([fig. 14](#)). On y retrouve, en plus des deux sites précités, le terrain de cricket de N'du, le site de Numbo, la rue des sœurs Charlotte à Logicoop ou le CHT Raoul Follereau à Ducos par exemple.

La **campagne de juin 2013** présente une répartition des sites qui enregistrent des valeurs fortes en SO₂, plus étendue sur la ville avec la station de Montravel, au centre Nord de la ville et le site du Lycée Jules Garnier sur la presqu'île de Nouville située du côté Est de la ville.

Les **niveaux maximum** enregistrés en **février 2013** sont supérieurs aux niveaux maximum des 3 autres campagnes, avec une concentration maximale en SO₂ de 39.8 µg/m³, contre 20.7 µg/m³ en mars 2014, 18.4 µg/m³ en 2012 et 12 µg/m³ en juin 2013.

Les niveaux les plus faibles sont observés sur des sites appartenant aux 3 typologies et répartis de manière assez hétérogène sur la ville : au centre de l'agglomération en 2012, au Nord-Est, à l'Est et au Sud de la ville en 2013 et 2014 ([fig. 13](#)).

Les **valeurs minimales** sont comprises

- entre 2 et 5 µg/m³ en 2012
- entre 0,5 et 3 µg/m³ en février 2013
- entre 3 et 4 µg/m³ en juin 2013
- entre 0.3 et 2 µg/m³ en mars 2014

Il existe un écart important entre les valeurs minimales et maximales en février 2013 ([fig. 14](#)). Cet écart est plus faible en saison fraîche, notamment en raison de vents plus variables et faibles qui dispersent les polluants de manière plus homogène sur la ville ([fig. 6 à 10](#)).

Toutefois, la [figure 14](#) p. 30 nous indique que les moyennes en SO₂ sur Nouméa sont du même ordre de grandeur sur les semaines d'études respectives aux 3 campagnes de 2012 et 2013 : 6 µg/m³ en 2012 et en juin 2013 et 5.7 µg/m³ en fév. 2013. En mars 2014, la moyenne des concentrations sur la ville est plus faible, égale à 3.9 µg/m³.

Les moyennes en SO₂ des sites de **typologie industrielle** sont les plus fortes au cours des quatre campagnes, suivi par la moyenne des sites urbains puis trafic en février 2012, 2013 et mars 2014, et de la moyenne des sites trafic puis urbain en juin 2013 ([fig. 14](#)).

L'influence des conditions de vents

Ces résultats sont à mettre en lien avec les conditions de vents rencontrées durant les campagnes de mesure ([fig. 6 à 10](#)).

Les points les plus influencés par la pollution au SO₂ se trouvent sous les vents de secteur Est-Sud/Est de la centrale thermique de Doniambo, source majoritaire d'émissions de SO₂ sur la ville.

En juin 2013, on observe également des vents majoritaires de secteurs Nord-Est à Est, permettant d'expliquer des valeurs fortes mesurées sur le site de la presqu'île de Nouville (Lycée Jules Garnier). Les vents de secteurs

Sud-Ouest observés au cours de cette période, permettent d'expliquer les concentrations fortes en SO₂ rencontré sur les sites du rond-point de Papeete et de Montravel.

Au cours des semaines de mesures de février 2013 et de mars 2014, la direction des vents dominants est bien sectorisée correspondant à une **fenêtre Est/Sud-Est**, bien corrélée avec la localisation des points de mesures enregistrant des niveaux forts de SO₂, essentiellement au Nord-Ouest de la zone de Doniambo.

En **2012**, malgré la présence majoritaire de vent de secteurs Nord-Est à Est, les sites de mesure situés sur la presqu'île de Nouville, théoriquement sous l'influence des émissions de Doniambo par ces conditions de vents, affichent des valeurs faibles. Cette situation est difficilement interprétable. Nous pouvons néanmoins proposer des explications :

- les émissions d'origine industrielle peuvent potentiellement subir un effet de **dissipation** important au niveau de la grande rade, espace de mer séparant Doniambo et Nouville.
- une dispersion verticale des émissions qui peut être plus marquée par vent de secteur Est-Nord/Est, notamment dans des conditions de **vent faible à très faible**, rencontrés 52.1 % du temps de la campagne.

L'influence des émissions de polluant

A Nouméa, le complexe industriel de Doniambo est l'émetteur principal de SO₂, à travers le fioul alimentant la centrale thermique. Ainsi, la **variabilité des émissions a une influence sur les concentrations mesurées**.

Au cours des campagnes d'études de 2012 et 2013, la centrale thermique était alimentée en fioul haute teneur en soufre (**HTS** ≤ 4 %) et l'utilisation de fioul très basse teneur en soufre (**TBTS** ≤ 1 %) dans certaines conditions⁷ avait pour effet de limiter les concentrations de SO₂ dans l'air ambiant.

Depuis le mois de **novembre 2013**, suite à un arrêté ICPE 2366-2013 venant modifier l'arrêté de 2009, la centrale thermique n'est plus alimentée en fioul HTS mais en fioul **BTS** (basse teneur en soufre, ≤ 2 %) et **TBTS** exclusivement.

Les répartitions des temps d'utilisation des fiouls de qualité différente, d'après les données fournies par l'industriel, sont répertoriées dans le [tableau V](#) suivant.

Tableau V: Pourcentages d'utilisation des différents fiouls Haute Teneur en Soufre (HTS), Basse Teneur en Soufre (BTS) et Très Basse Teneur en Soufre (TBTS) par la centrale thermique de Doniambo.

	fioul HTS	fioul BTS	fioul TBTS
campagne 2012	88 %	0	12 %
campagne fév. 2013	91 %	0	9 %
campagne juin 2013	16 %	0	84 %
campagne mars 2014	0	86%	14 %
campagne juin 2014	0	4 %	96 %

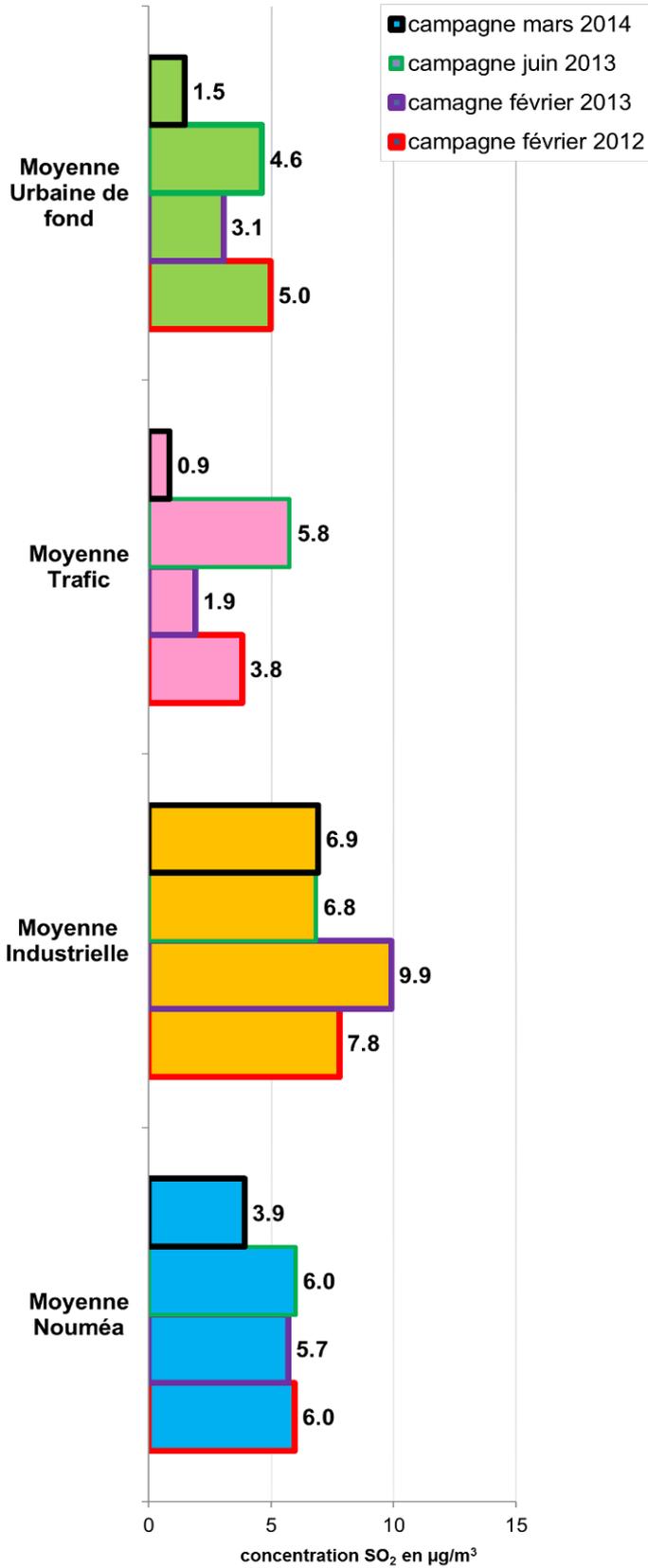
NB : Depuis novembre 2013, l'arrêté ICPE 2366-2013 venant modifier l'arrêté de 2009, la centrale thermique de Doniambo n'est plus alimentée en fioul haute teneur en soufre HTS

Ce facteur d'émission explique en partie, les concentrations de pointe en SO₂ (12 µg/m³) plus faibles enregistrées au cours de la campagne de juin 2013, alors que, les fortes valeurs de pointe enregistrées en **février 2013** (39.8 µg/m³) correspondent à la période où l'utilisation du fioul TBTS est la plus faible.

L'arrêt de l'utilisation d'un fioul à haute teneur en soufre lors de la campagne de mars 2014 est notamment susceptible d'expliquer des valeurs de pointe en SO₂ moindre (ex : **20.7 µg/m³** site du CHT Raoul Follereau). Au même site, lors de la campagne de février 2013, avec des secteurs de vents semblables, contribuant à une dispersion des émissions industrielles, la valeur de pointe relevée était de **39.8 µg/m³**.

⁷ Conditions définies dans l'Arrêté 11387-2009 autorisant la Société Le Nickel -SLN SA à poursuivre l'exploitation de son usine de traitement de minerai de nickel de Doniambo, sur le territoire de Nouméa.

Concentrations moyennes en SO₂ par typologie (µg/m³)
campagnes 2012-02 - 2013-02 - 2013-06 et 2014-03



Typologie des sites:
INDUSTRIELLE
TRAFIC
URBAINE DE FOND

- campagne mars 2014
- campagne juin 2013
- campagne février 2013
- campagne février 2012

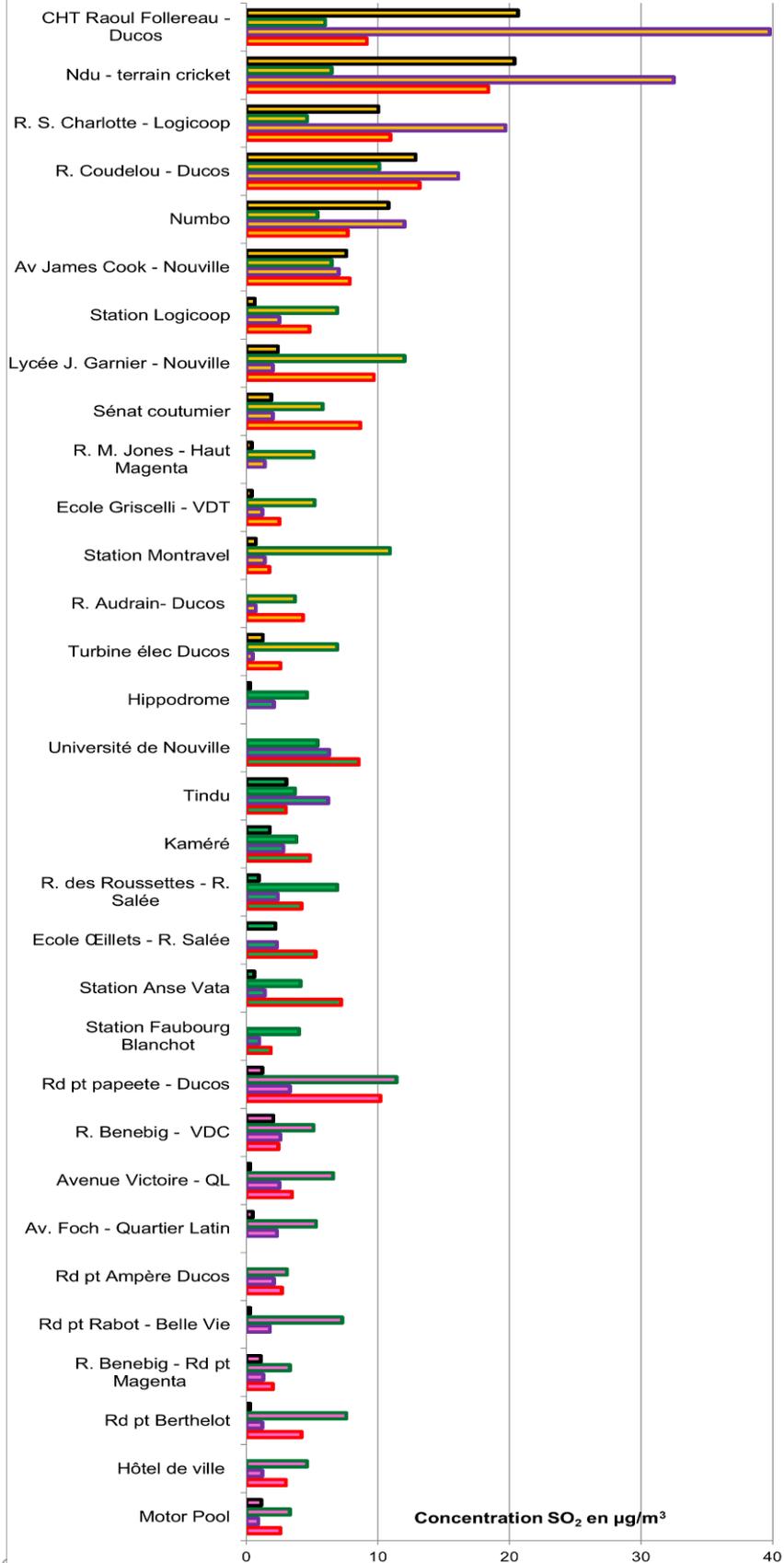


Figure 14 : Concentrations moyennes par typologie (à gauche) et concentrations moyennes par site et par typologie (à droite) en SO₂ (en µg/m³) au cours des campagnes par échantillonnage passif en février 2012, février 2013, juin 2013 et mars 2014.

4.4.2. Dioxyde d'azote (NO₂)

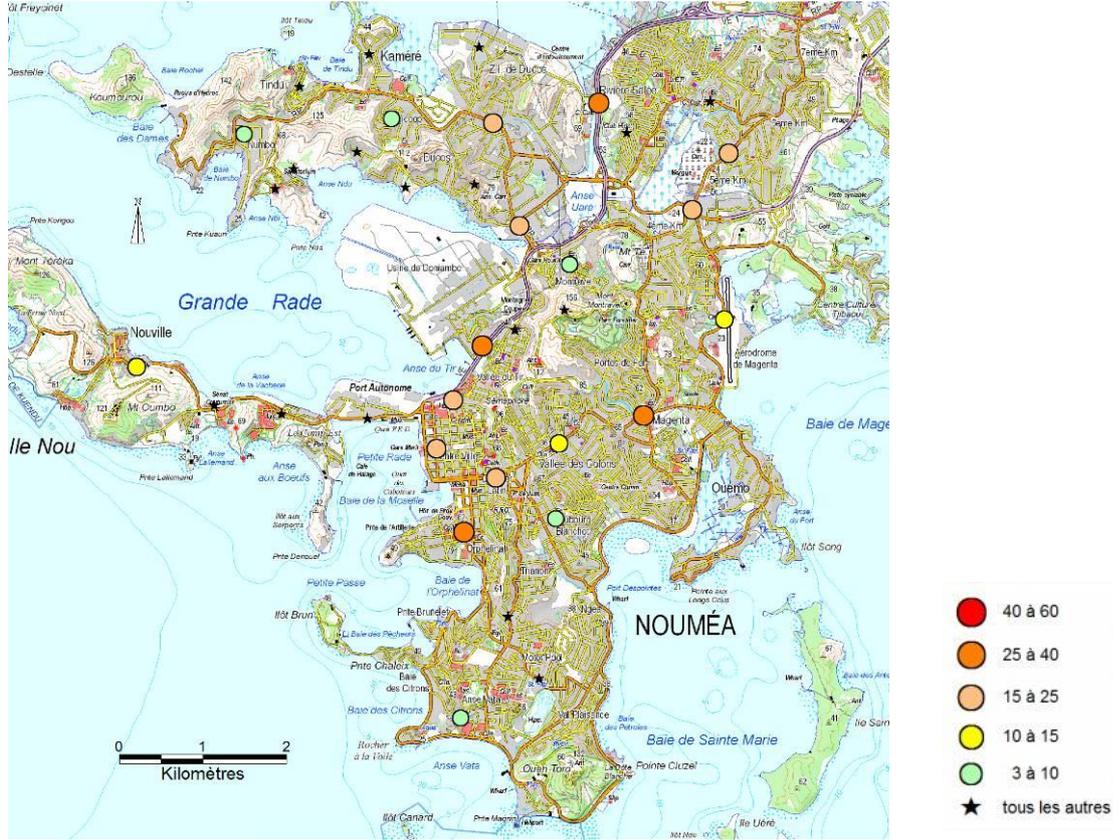


Figure 15 a. Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) - Campagne février 2012 (du 15/02 au 22/02) - 19 sites de mesure

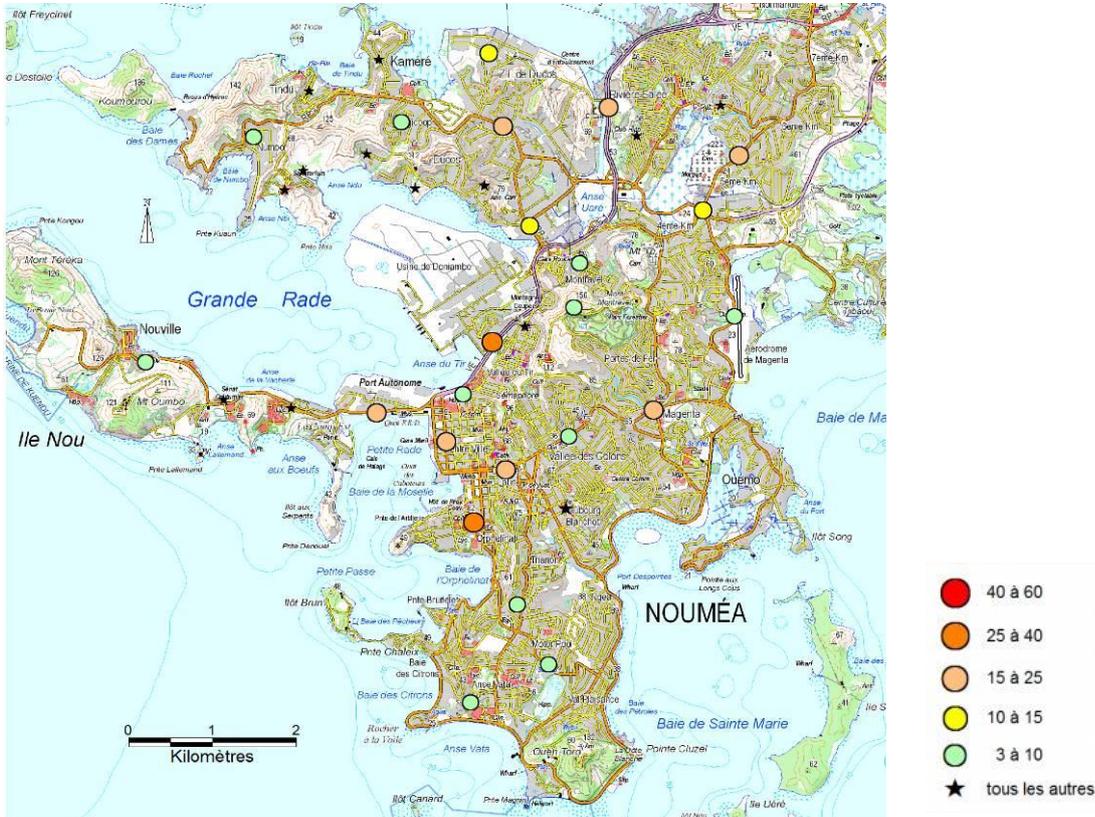


Figure 15 b. Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) - Campagne février 2013 (du 27/02 au 06/03) - 24 sites de mesure

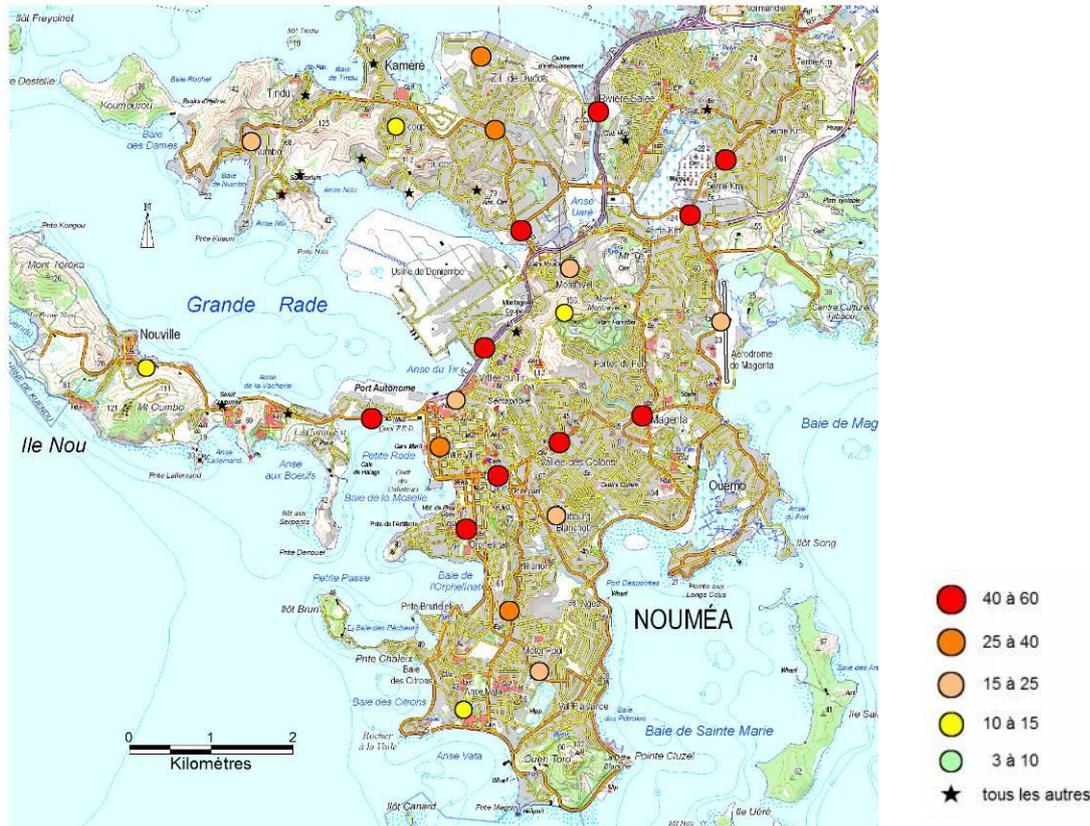


Figure 15 c. Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) - Campagne juin 2013 (du 20/06 au 27/06) - 24 sites de mesure

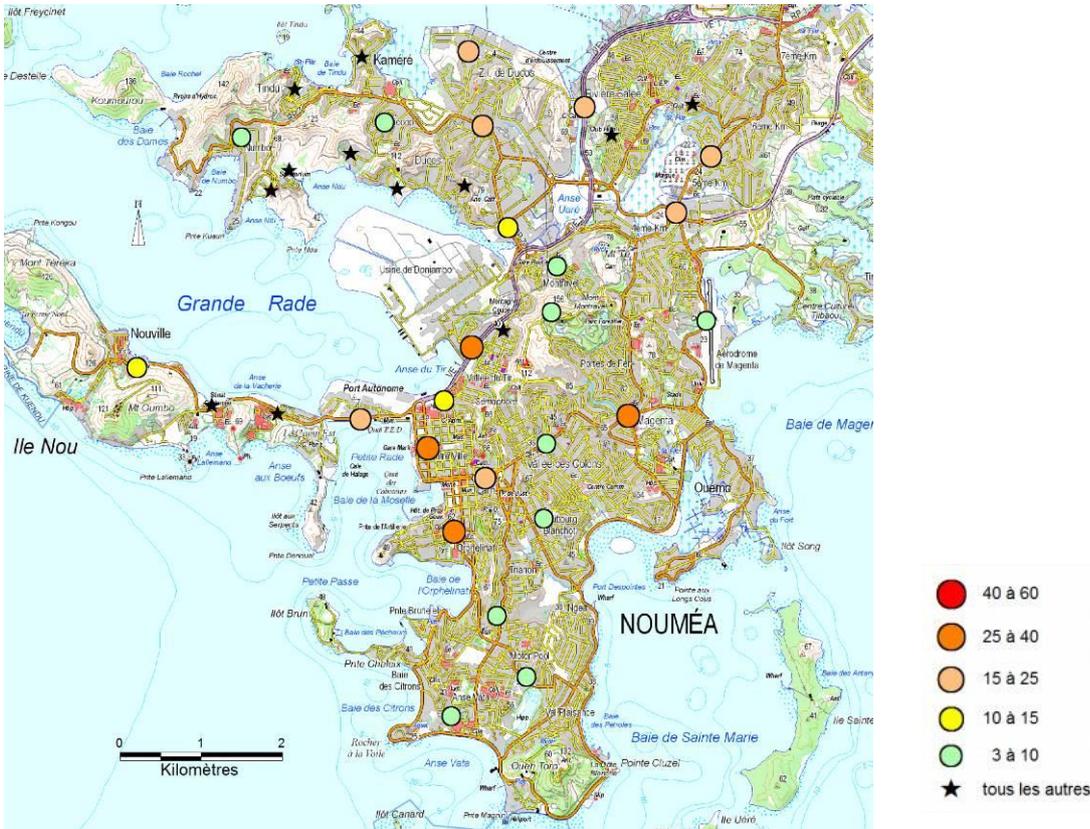


Figure 15 d. Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) - Campagne mars 2014 (du 19/03 au 26/03) - 24 sites de mesure

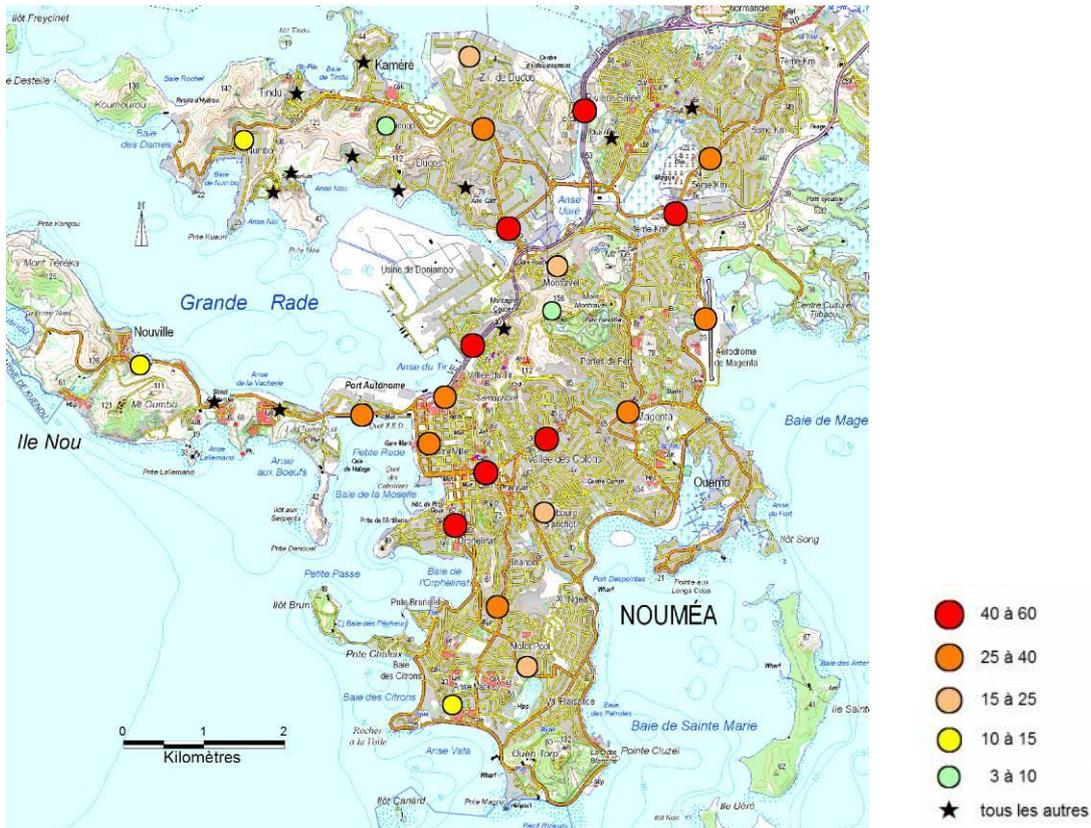


Figure 15 e. Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) - Campagne juin 2014 (du 23/06 au 30/06) - 24 sites de mesure

Figure 15 : Représentation cartographique des concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) issues des campagnes de mesure par échantillonnage passif sur l’agglomération de Nouméa de 2012 (a), 2013 (b et c) et 2014 (d et e).

Au cours des 5 campagnes de mesures, on observe sur les éléments de la figure 15 une similitude des sites faisant l’objet des concentrations les plus élevées en **dioxyde d’azote**.

Ces sites sont situés aux abords des ronds-points et axes de circulation les plus fréquentés de la ville : **le rond-point Berthelot** est le site le plus impacté par la pollution au NO₂ toutes campagnes confondues. On retrouve également l’avenue Foch, le long de la voie express (VDO), le rond-point de Magenta, la rue Gallieni et le rond-point Belle-vie.

On observe une distribution spatiale et des niveaux de NO₂ caractéristiques selon les **conditions saisonnières** rencontrées :

- en **saison fraîche** (juin 2013 et 2014) il existe une forte accumulation des émissions de NO₂ aux abords des axes de circulation et plus généralement sur la ville;
- en **saison chaude** (février 2012, 2013, mars 2014) les niveaux de NO₂ sont plus faibles mais restent localisés à proximité des axes de circulation majeures de l’agglomération.

L’influence des émissions de polluant

La ville concentrant 78 % des emplois de l’agglomération⁸, les **points d’entrée** de la ville (les ronds-points Berthelot et Belle-vie) ainsi que les **artères principales** du réseau routier sont sujet à des périodes de saturation de véhicules. Le nombre de migrations pendulaires domicile-travail entre la capitale et sa périphérie est estimé à plus de 15 000, soit deux fois plus qu’il y a vingt ans⁹.

^{8,9}Source : recensement de la population 2009 INSEE-ISEE

D'après les données de comptages routiers récoltés auprès de la Mairie de Nouméa et de la DEPS (Direction de l'Équipement de la Province Sud), les axes les plus influencés par la pollution au NO₂ supportent un trafic moyen journalier de environ :

- 11 000 à 14 000 véhicules : rond-point de Magenta et avenue Foch,
- 19 000 véhicules: rue Gallieni et rond-point Belle-Vie,
- 27 000 véhicules: rond-point de Berthelot,
- 50 000 véhicules: le long de la voie express.

D'après les études réalisées par Scal-Air à l'aide du laboratoire mobile à proximité des sites de type trafic routier¹⁰, nous savons que les niveaux de NO₂ notamment, dépendent du **nombre de véhicules** en circulation mais aussi de paramètres **contextuels et environnementaux**.

En effet malgré un débit journalier de véhicules moindre au niveau du rond-point Berthelot, celui-ci enregistre des niveaux plus forts en NO₂ que la voie express par exemple. Ce phénomène s'explique en raison d'un **régime des moteurs** généralement plus polluant en mode d'accélération sur une **voierie embouteillée** ou un **giratoire** qu'en condition de vitesse continue.

Les concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur Nouméa sont du même ordre de grandeur pour les 3 campagnes réalisées en **saïson chaude** avec des valeurs de 18 µg/m³, 12.4 µg/m³ et 14.8 µg/m³ en février 2012, 2013 et mars 2014 respectivement. Ces concentrations moyennes sont inférieures aux moyennes en NO₂ observées en **saïson fraîche** avec 31.5 µg/m³ en juin 2013 et 30.8 µg/m³ en juin 2014 (fig. 16 p.35).

La **figure 16** nous indique que les sites de typologie trafic sont les plus impactés par la pollution au NO₂. C'est le site du rond-point Berthelot qui affiche la concentration en NO₂ la plus forte pour les 5 campagnes avec 33.5 µg/m³ en 2012, 27.2 µg/m³ en février 2013, 57.8 µg/m³ en juin 2013, 32 µg/m³ en mars 2014 et 57.1 µg/m³ en juin 2014 (**tabl. IV**).

De manière générale, les points situés aux abords des axes routiers secondaires ou en zone urbaine affichent les concentrations les plus faibles. Les niveaux mesurés sur les stations fixes du réseau de Scal-Air de type industriel ou urbain, sont très faibles.

Les valeurs de pointes observées en **saïson fraîche** sont plus fortes (maximum égal à 57.8 µg/m³) qu'au cours des **saïsons chaudes** (maximum égal à 33.5 µg/m³ en 2012).

Ce constat se répercute sur les moyennes en NO₂ mesurés sur Nouméa pour les 5 campagnes, présentées **figure 16**. La moyenne la plus élevée est observée au cours de la campagne de juin 2013 (31.5 µg/m³) suivi par la moyenne de la campagne de juin 2014 (30.8 µg/m³), de 2 à 2 fois ½ plus élevées que les moyennes en NO₂ en février 2012, 2013 et mars 2014.

On constate, **figure 16**, une différence importante entre les niveaux de **fond urbain** (globalement faibles) et les niveaux de proximité du **trafic automobile** (forts). Les niveaux mesurés sur les sites de type trafic sont jusqu'à **6 fois supérieurs** à ceux mesurés sur les sites de typologie urbaine de fond ou industrielle.

L'influence des conditions de vents

Les résultats observés peuvent s'expliquer, non pas uniquement en fonction du secteur des vents (comme pour le dioxyde de soufre) mais par la **vitesse** des vents enregistrés.

En effet si les vents dispersent les polluants d'origine industrielle (SO₂) depuis la source (centrale thermique de Doniambo) préférentiellement selon leurs directions vers des sites de mesure, le NO₂ quant à lui est un polluant issu principalement du trafic routier. C'est un polluant **multi-source**.

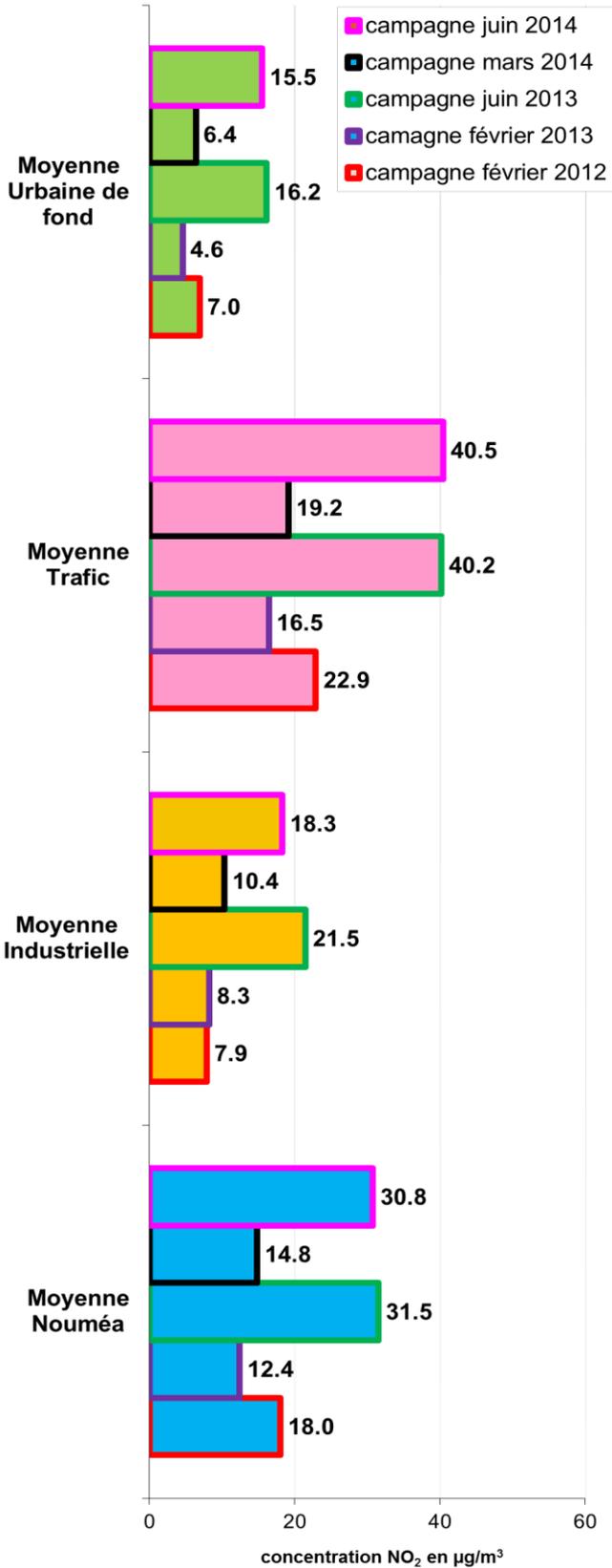
Ainsi les conditions de vents, majoritairement moyens à forts, rencontrées en saison chaude (**fig. 6 à 10**) ont été favorables à la dispersion des polluants (NO₂) dès leurs émissions, limitant probablement l'accumulation de la pollution routière autour des axes de circulation (sites d'émissions).

¹⁰ *Rapports d'études : Scal-air. Mesure de la qualité de l'air à proximité d'un axe routier - rue Jacques Iékawé - Nouméa Laboratoire Mobile - Avril à Juillet 2013
Scal-air. Mesure de la qualité de l'air en site trafic - VDO et Route de la Baie des Dames - Nouméa - Bilan 2010-2012
Scal-air. Mesure de la qualité de l'air rue Gallieni - Nouméa- Laboratoire Mobile - 09-12/2010*

Ce facteur **vitesse de vent** peut en partie expliquer les niveaux relativement **faibles** de NO₂ issus du trafic routier à proximité du site de mesure.

En **saison fraîche**, on observe (fig. 15) des niveaux globalement élevés de dioxyde d'azote sur l'agglomération, corrélés à des vents globalement faibles et des secteurs variables (fig. 6 à 10) qui favorisent l'accumulation des polluants à proximité des sources d'émissions.

Concentrations moyennes en NO₂ par typologie (µg/m³)
campagnes 2012-02 - 2013-02 et 06 - 2014-03 et 06



Typologie des sites:
INDUSTRIELLE
TRAFIC
URBAINE DE FOND

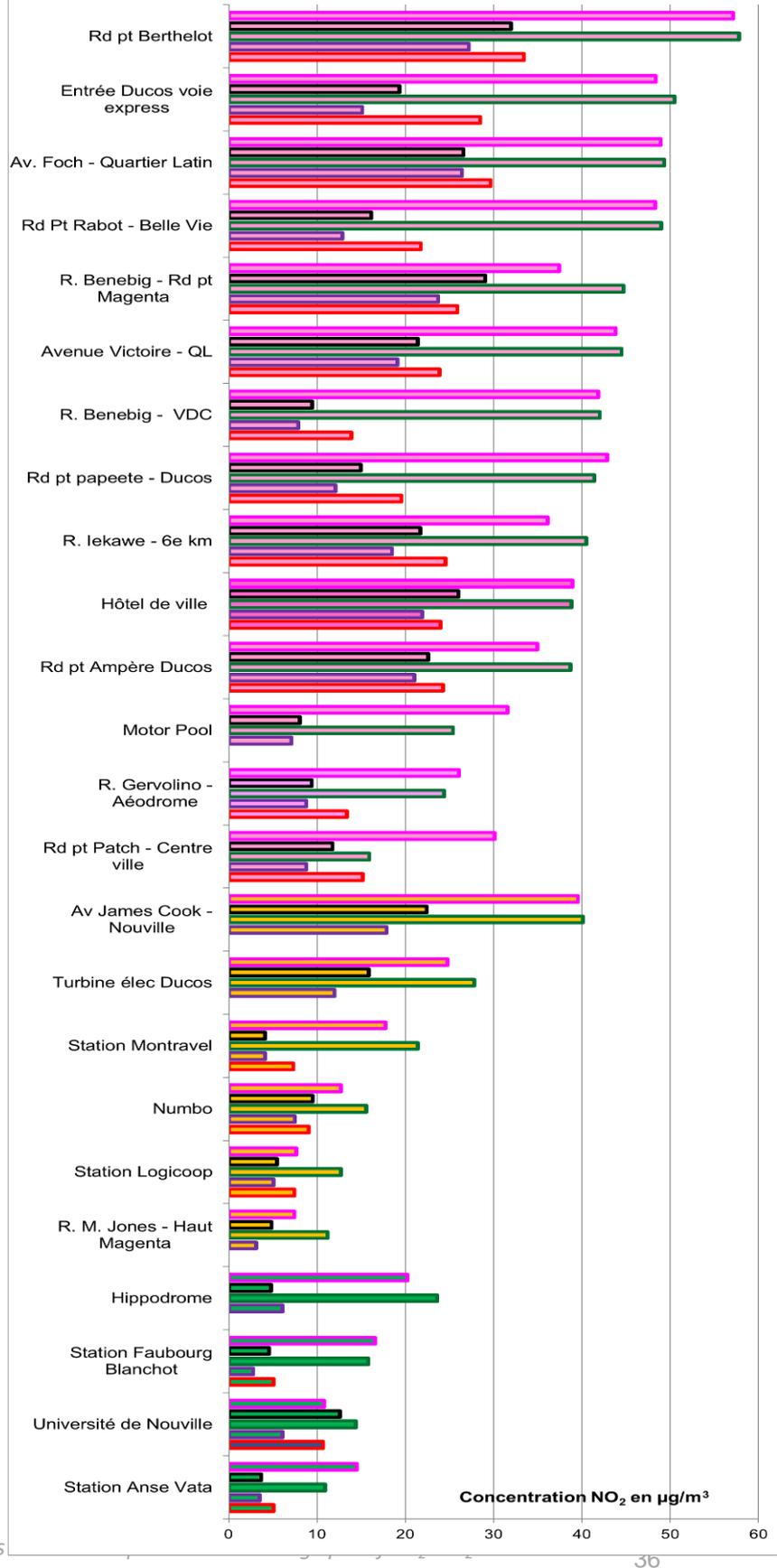


Figure 16 : Concentrations moyennes par typologie (à gauche) et Concentrations moyennes par site et par typologie (à droite) en NO₂ (en µg/m³) au cours des campagnes par échantillonnage passif en février 2012, février 2013, juin 2013, mars 2014 et juin 2014.



Figure 17 : Pose d'échantillonneurs passifs sur le site du rond-point Berthelot à Nouméa (typologie trafic)

4.4.3. Comparaison aux campagnes tubes passifs précédentes

Depuis les premiers résultats de la campagne de juin 2009, il avait été identifié des inconvénients inhérents à la méthode de mesures de polluants par échantillonnage passif. En effet, il existe une incertitude importante sur les résultats, représentatifs d'un site de mesure et sur une courte période de temps (une semaine). Ces campagnes de mesure, effectuées à l'échelle de l'agglomération, permettent toutefois de dresser des constats quant à la **répartition spatiale de la pollution atmosphérique au dioxyde de soufre et dioxyde d'azote**.

Depuis 2009, la réalisation de sept campagnes supplémentaires ont permis de récolter des données primordiales pour bâtir une **stratégie cohérente de surveillance de la qualité de l'air** en fonction des types de **pollutions** identifiés et des **objectifs** de cette surveillance. Obtenues selon une méthodologie identique sur le terrain et en laboratoire et sur plusieurs années, les données brutes issues de ces campagnes sont directement **comparables** et permettent notamment d'apprécier la **variabilité saisonnière** des niveaux de pollution sur la ville et ainsi approfondir les constats et interprétations initialement pressentis.

8 campagnes de mesures par échantillonnage passif ont été menées entre 2009 et 2014 à des saisons différentes :

- | saison fraîche | saison chaude |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • En 2009 du 11 au 18 juin • En 2011 du 8 au 15 juin • En 2013 du 20 au 27 juin • En 2014 du 23 au 30 juin | <ul style="list-style-type: none"> • En 2010 du 19 au 26 février • En 2012 du 15 au 22 février • En 2013 du 27 février au 06 mars • En 2014 du 19 au 26 mars |

Il existe des écarts plus ou moins importants entre les niveaux moyens de concentrations en SO₂ et NO₂ selon les années de campagnes et les typologies des sites de mesures.

On observe, figures 18 et 19, que globalement les concentrations en SO₂ les plus élevées se relèvent préférentiellement sur les sites **industriels** quelles que soient les campagnes concernées. Ce constat est davantage marqué en saison chaude. Les valeurs moyennes en SO₂ n'excèdent pas les 10 µg/m³ (fig. 18) Les concentrations en NO₂ les plus élevées (de l'ordre de 40 µg/m³) sont observées sur les sites de mesures de typologie **trafic** (fig. 19).

➤ Concernant le SO₂

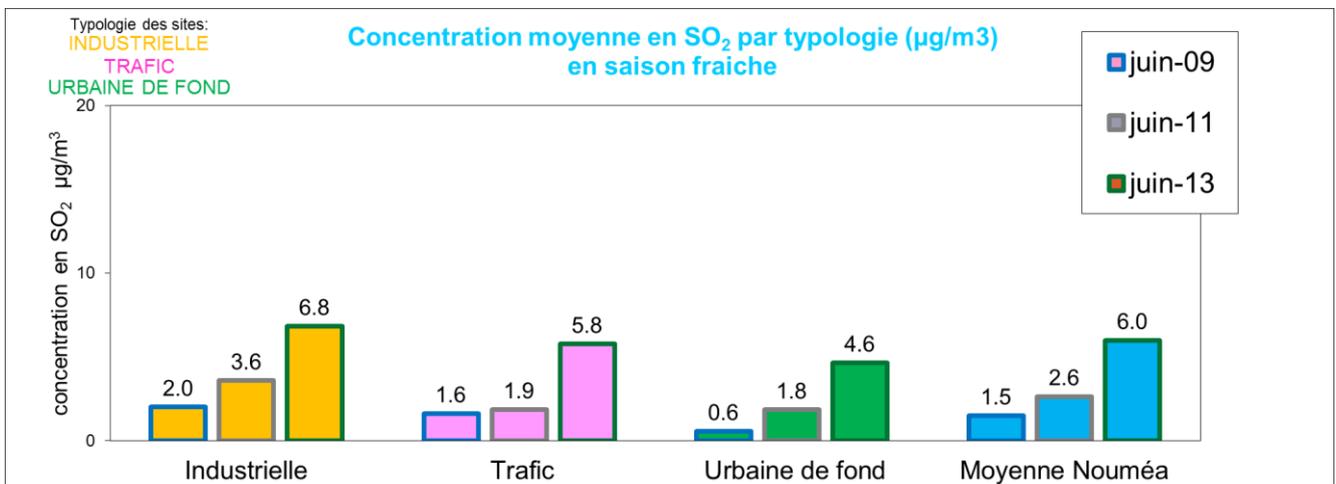
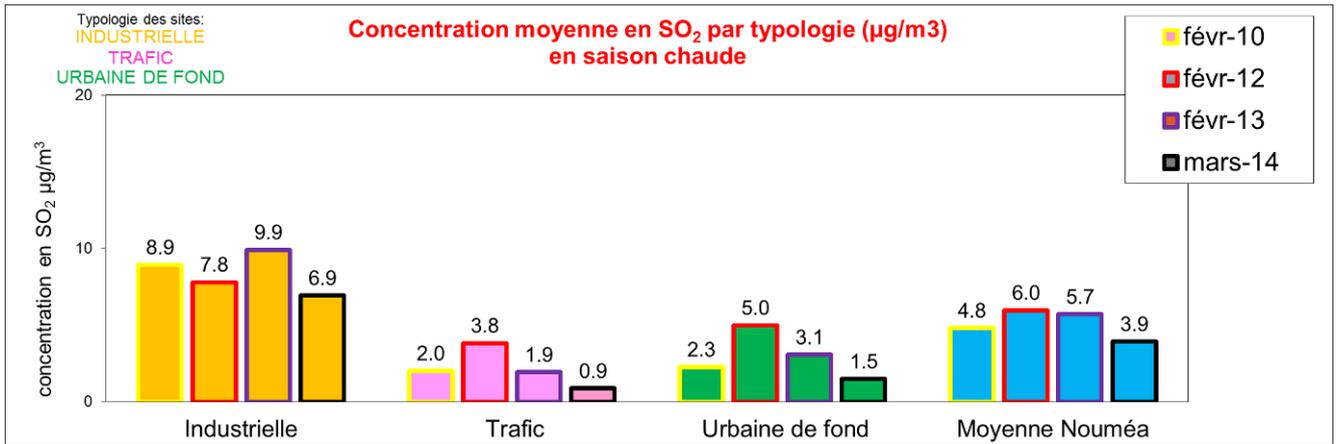


Figure 18 : Concentrations moyennes par typologie en SO₂ en µg/m³ de 2009 à 2014, en saison fraîche (haut) et chaude (bas)

NB : les concentrations en SO₂ de la campagne de juin 2014 ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

Globalement, figure 18, on observe que les niveaux moyens de SO₂ mesurés sur les sites industriels sont supérieurs au niveau moyen des sites trafic et des sites urbain de fond qui sont proches.

Ce constat est bien marqué pour les campagnes réalisées en **saison chaude** de février 2010, février 2012 février 2013 et mars 2014, où les concentrations moyennes relevées sur les sites industrielles sont jusqu'à 5 fois supérieurs à celles des sites trafic et jusqu'à 4 fois supérieures à celles des sites urbain de fond.

En revanche au cours des campagnes de juin 2009, 2011 et 2013 (**saison fraîche**) les niveaux moyens des sites industriels sont plus proches des niveaux moyennes mesurés en sites trafic et urbain de fond.

Les moyennes par typologie, ainsi que la moyenne sur Nouméa, obtenues en **juin 2009** sont systématiquement les plus faibles, en comparaison des autres années, suivie par la campagne de juin 2011. En ordre croissant, on trouve ensuite la moyenne sur Nouméa de la **campagne 2010**, pour laquelle les faibles niveaux moyens des sites trafic et urbain s'opposent à la moyenne élevée des sites de typologie industrielle¹¹.

La même observation peut être faite pour la campagne de **février 2013**.

Enfin, les niveaux moyens en SO₂ mesurés sur Nouméa en **2012 et février** et **juin 2013** sont égaux ou très proches.

¹¹ Notons que le nombre de points de mesures de typologie industrielle (15) et trafic (14) sélectionnés sur Nouméa étant plus importants que les points de mesures de type urbain de fond (7 sites). Ils influencent davantage la moyenne sur Nouméa.
Scal-Air – oct. 2014

Les résultats obtenus nous informent sur **l'influence de la périodicité saisonnière des conditions météorologiques** sur la répartition et les niveaux mesurés en dioxyde de soufre.

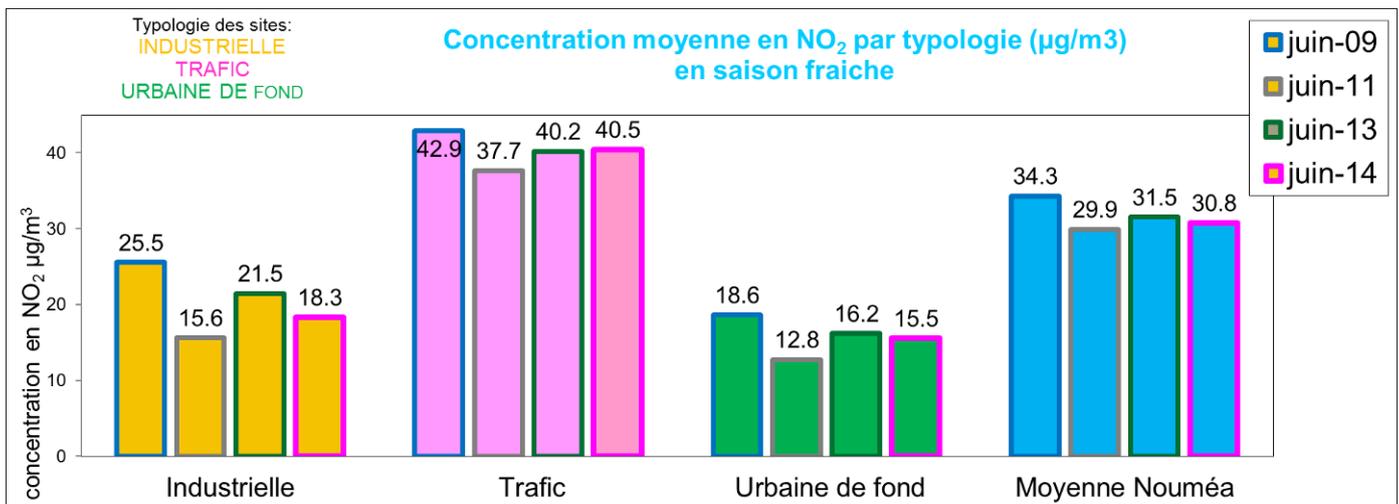
Les niveaux des concentrations en SO_2 sont bien différenciés selon les saisons. On observe des valeurs sensiblement plus élevées durant la **saison chaude** avec des vents de secteurs **Est** dominants (moyennes sur Nouméa variant de 4 à 6 $\mu g/m^3$) que durant la **saison fraîche** avec vents faibles et ponctuellement de secteur **Sud-Ouest** (moyennes variant de 1.5 à 6 $\mu g/m^3$).

Cet état de fait peut s'expliquer par la présence en **saison chaude** du **régime d'alizé** dominant qui tendrait à rabattre le panache de pollution industriel du site industriel émetteur de Doniambo vers la presqu'île de Ducos (anse de N'Du). Pendant la **saison fraîche**, les vents **faibles** et **variables**, périodiquement d'**ouest**, entraineraient une dispersion du panache industriel de pollution en SO_2 assez aléatoire sur l'ensemble de l'agglomération de Nouméa.

La moyenne des concentrations en **juin 2013** s'éloigne quelque peu de ce constat, en affichant une valeur proche des moyennes des saisons chaudes. Les concentrations moyennes par typologie sont globalement élevées et notamment sur les sites trafics où des valeurs fortes sont observées.

Ceci reflète une importante **variabilité interannuelle** dans la répartition spatiale de ce polluant en lien avec les **conditions météorologiques** de dispersion du panache de pollution industrielle. De plus, les **valeurs d'émissions** sont elles aussi variables au cours des années : l'utilisation d'un fioul à haute teneur en soufre par la centrale thermique en juin 2013 participe à un plus grand relargage de SO_2 dans l'atmosphère¹².

➤ Concernant le NO_2



¹² Pour rappel : à partir de novembre 2013, l'arrêté ICPE 2366-2013 venant modifier l'arrêté de 2009, la centrale thermique de Doniambo n'est plus alimentée en fioul haute teneur en soufre mais en **basse teneur en soufre et très basse teneur en soufre** exclusivement.

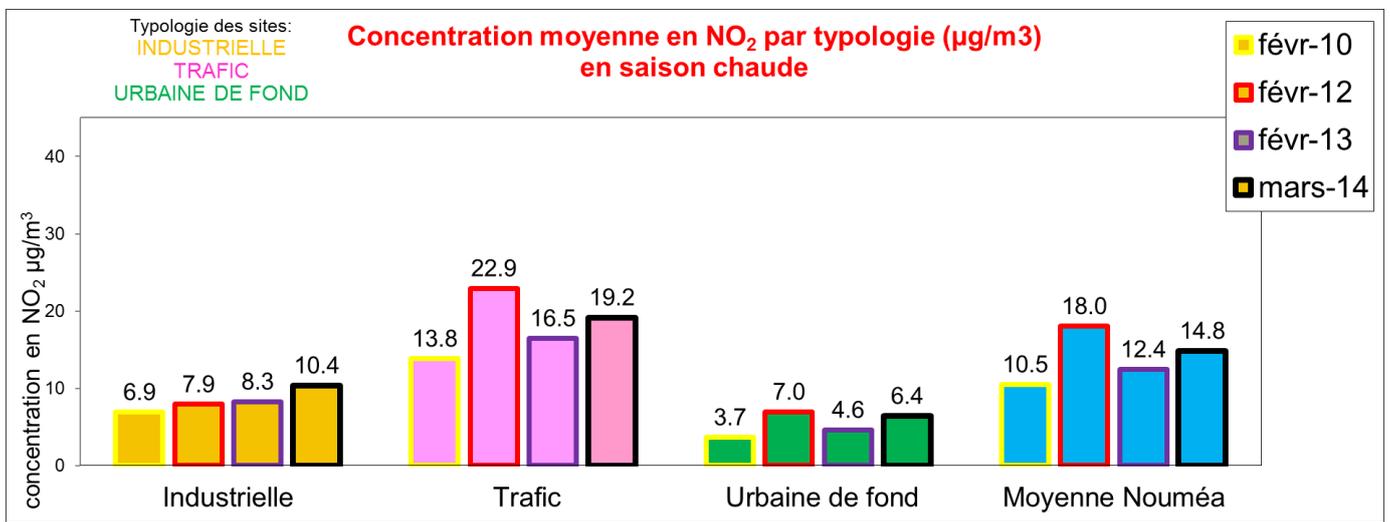


Figure 19 : Concentrations moyennes par typologie en NO₂ en µg/m³ de 2009 à 2014, en saison fraîche (haut) et chaude

La figure 19 nous indique que les niveaux moyens de NO₂ mesurés sur les sites de **type trafic** sont jusqu'à 2,5 fois supérieurs au niveau moyen des sites de type industriels et jusqu'à 4 fois supérieures aux sites urbains de fond.

En revanche les écarts observés entre les concentrations moyennes des typologies est relativement constant entre les campagnes de mesure en saison fraîche et saison chaude.

Les moyennes par typologie, ainsi que la moyenne sur Nouméa, obtenues en **juin 2009** sont les plus fortes, en comparaison des autres années, suivies par la campagne de juin 2013 et 2014 puis de juin 2011 qui affichent des valeurs proches entre elles. Les moyennes obtenues en saison chaude sont plus faibles et relativement proches. La moyenne en NO₂ la plus faible est calculée en **février 2010**.

Les niveaux des concentrations en NO₂ sont inversement différenciés à ceux du SO₂ selon les saisons. On relève des valeurs sensiblement **plus élevées durant les saisons fraîches** avec vents faibles périodiquement d'ouest (moyennes variant de 34 à 30 µg/m³) que durant la saison chaude avec des vents de secteur Est dominants (moyennes variant de 11 à 18 µg/m³).

Les différentes représentations graphiques (fig. 15, 19 et 20) montrent une répartition spatiale annuelle caractéristique des concentrations en NO₂.

Lors des saisons fraîches avec vents faibles et de secteurs variables les **sites trafic** se différencient nettement des autres sites (industriels et urbain de fond). La dispersion des polluants étant plus réduite pendant cette saison, on observe des valeurs de concentrations relativement élevées sur les sites où les émissions de NO₂ liées au trafic automobile prédominent.

Durant les saisons chaudes avec des **vents plus soutenus** et de secteur **Est** dominants, on observe une répartition spatiale des concentrations en NO₂ un peu moins tranchée qu'en saison fraîche. Les **sites trafic** qui montrent toujours des niveaux plus élevés en NO₂, présentent une transition plus progressive avec les autres sites (industriel et urbain de fond) en terme de concentration de ce polluant.

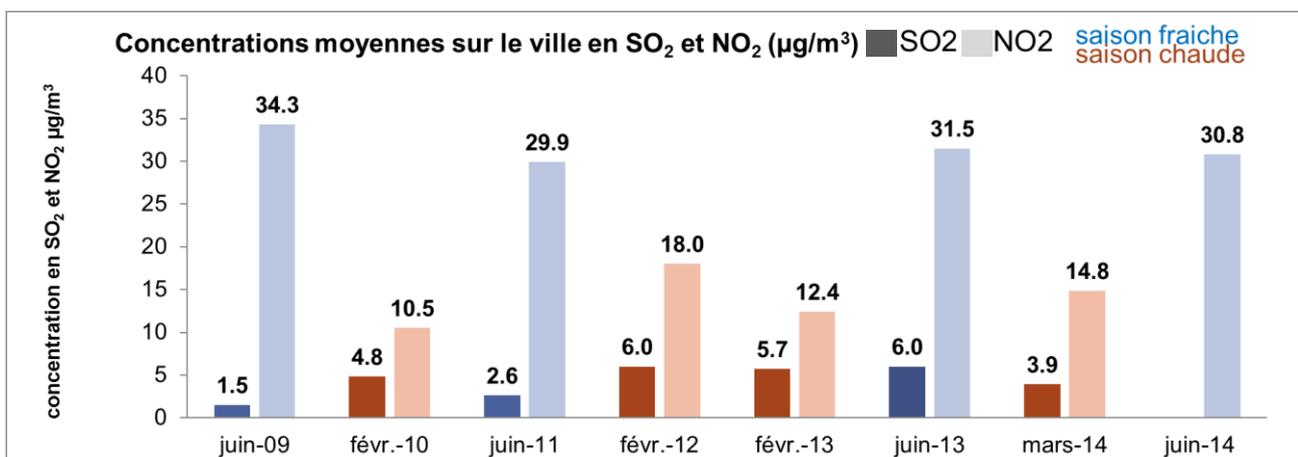


Figure 20 : Concentrations moyennes sur la ville de Nouméa en NO₂ (en claire) et en SO₂ (en foncé) en µg/m³ au cours des campagnes de mesure en saison fraîche (en bleu) et chaude (en rouge) de 2009 à 2014.

NB : les concentrations en SO_2 de la campagne de **juin 2014** ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14).

4.4.4. Situation par rapport aux normes de références

L'échantillonnage passif permet de comparer les niveaux mesurés aux **valeurs de référence et seuils** de type annuel dans certaines conditions définies par la réglementation européenne.

Dans notre cas, la période des campagnes **d'une semaine** étant relativement courte, cela ne permet pas de comparer les résultats aux valeurs de référence annuelles : les normes européennes¹³ considèrent 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, ces comparaisons ont été faites. Les points de mesure les plus impactés par la pollution, pouvant potentiellement faire l'objet de dépassements de valeurs limites de références, ont ainsi été identifiés.

Rq : L'**annexe 1** récapitule les conditions de vents (secteurs et vitesses) rencontrées au cours des différentes campagnes de mesures de 2009 à 2014, d'après les données fournies par Météo-France.

➤ Cas du dioxyde de soufre SO_2

Les valeurs de références :

L'objectif de qualité pour le SO_2 est fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La valeur critique pour la protection de la végétation, est fixée à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de ne pas dépasser $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24h.

Le seuil d'information et de recommandation pour le SO_2 est fixé à $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

Inter-comparaison des campagnes :

Le **tableau VI** présente les sites de mesure par échantillonnage passif, affichant des concentrations en SO_2 supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur au moins une des campagnes de mesure en saison fraîche et en saison chaude.

La valeur de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été sélectionnée de manière à identifier les points les plus impactés des séries étudiées : on estime que les sites affichant des concentrations supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont susceptibles de connaître des dépassements de seuil de référence à l'échelle de l'année¹⁴.

Au cours de la campagne de **juin 2013**, en saison fraîche, leurs valeurs maximales rencontrées, sont **plus élevées** que les précédentes campagnes en saison fraîche en 2009 et 2011. Toutefois, avec des concentrations de pointes mesurées de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les valeurs de références et de recommandation sont **respectées** sur la période de mesure en 2013.

Il existe 3.5 fois plus de sites de mesures affichant des concentrations en SO_2 supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en juin 2013 qu'en 2011 (aucuns sites n'étaient concernés en 2009).

En conséquence la moyenne des concentrations en SO_2 sur la ville est **plus forte** en juin 2013 qu'au cours des campagnes en saison fraîche précédentes en 2011 et en 2009 (fig. 18).

On note également que les moyennes calculées pour les **trois typologies** (de fond, trafic et industrielle) affichent des **valeurs supérieures** en **juin 2013**.

¹³ Selon la Directive 2008/50/CE

¹⁴ SCAL-AIR. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 sur la ville de Nouméa – du 18 au 25 février 2010 .p. 41.

Scal-Air – oct. 2014

La moyenne des concentrations en SO₂ en juin 2013 est du même ordre de grandeur que celle enregistrée au cours des saisons chaudes en 2012 (6 µg/m³) en février 2013 (5.7 µg/m³) et supérieure à mars 2014 (3.9 µg/m³).

Au cours des campagnes en **saison fraîche** (tabl. VI a.), les sites qui enregistrent les niveaux maximaux en SO₂ sont majoritairement situés sur les presqu'îles de **Ducos** et de **Nouvelle**.

En effet, **tableau VI**, 9 sites de mesures parmi les plus impactés en juin 2013 sont situés dans quartiers de Logicoop, Ducos, Numbo et de Nouvelle.

En juin 2013 la station de **Montravel**, de typologie industrielle située à 1 km de la centrale thermique de Doniambo, fait partie des sites les plus impactés.

Les **ronds-points Belle-vie** et **Berthelot** ainsi que **l'avenue Victoire** en centre-ville, affichent également des concentrations fortes en juin 2013.

Concernant les campagnes réalisées en **saison chaude**, il existe une **stabilité** entre les moyennes des concentrations en février 2012, 2013 et mars 2014, peu supérieure à la moyenne des concentrations en SO₂ de la campagne de février 2010. En revanche la moyenne des sites de typologie industrielle est inférieure en 2012 aux 2 autres campagnes réalisées en 2013 et 2014 (fig. 19).

Tableau VI b., 9 sites de mesures ont des niveaux de SO₂ supérieurs à 5 µg/m³ en 2010, 11 en 2012, 7 sites en février 2013 et 6 en mars 2014. Les niveaux de pointes affichent des valeurs plus élevées en février 2013 (39.8 µg/m³) qu'en 2010 (31.2 µg/m³) et 2012 (18.4 µg/m³) et 2014 (20.7 µg/m³)¹⁵.

Il existe une **stabilité** entre les sites les plus influencés par la pollution au SO₂ au cours des 3 campagnes de **2010 à 2013** et une légère **diminution** du nombre de sites affichants des fortes concentrations en **mars 2014**. Les sites répertoriés dans le **tableau VI b.** sont situés sur la presqu'île de **Ducos**, sous les vents de secteurs Est-Sud/Est à Sud Est, très présents au cours des campagnes réalisées en saison chaude.

En 2012, les sites supplémentaires sous l'influence d'une pollution au SO₂ sont situés sur la presqu'île de **Nouvelle**, sous influence industrielle en condition de vents de secteurs Est/Nord-Est, des vents très présents au cours de cette période d'étude.

L'ensemble de ces résultats confirment le constat établi au regard des études précédentes, relatif à **l'influence majoritaire de la pollution d'origine industrielle** sur l'extrémité de la presqu'île de Ducos (secteurs de Ducos / Logicoop / Numbo / Tindu), et ponctuellement sur la presqu'île de Nouvelle et les quartiers centraux de la ville, à l'échelle de l'année.

Concernant les seuils de référence horaires, les mesures en continu sur le site des stations fixes de Nouméa montrent des valeurs de pointes en **SO₂**, calculées en **moyenne horaire glissante sur 15 minutes** de :

- 127 µg/m³ à l'Anse Vata le 12 juin 3h00 au cours de la campagne 2009
- 298 µg/m³ à Logicoop le 20 février 13h30 au cours de la campagne 2010
- 352 µg/m³ à Logicoop le 14 juin 19h30 au cours de la campagne 2011
- 141 µg/m³ à Montravel le 20 février 10h30 2012 au cours de la campagne 2012
- 12 µg/m³ à Logicoop le 04 mars 12h30 au cours de la campagne 2013 en saison chaude
- 228 µg/m³ à Montravel le 27 juin 10h00 au cours de la campagne 2013 en saison fraîche
- 25 µg/m³ à Logicoop le 24 mars à 14h00 au cours de la campagne 2014 en saison chaude

En 2010 et juin 2013 ces valeurs sont proches de la **valeur limite horaire** ou seuil d'information, pour le SO₂ fixé à **300 µg/m³**. On comptabilise même un dépassement de cette valeur seuil en 2011 à Logicoop.

Les valeurs obtenues par la méthode d'échantillonnage passif sont des **concentrations moyennes** obtenues sur la semaine de mesure. On remarque que, les campagnes affichants des valeurs de pointes horaires mesurées

¹⁵ A noter qu'en mars 2014, les résultats des concentrations en SO₂ de 2 sites parmi les plus influencés par la pollution au SO₂ ont dû être écartés en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

par les **analyseurs** (Logicoop en 2010 et 2011 et à Montravel en juin 2013), correspondent à des concentrations, mesurées par **tubes passifs**, en SO₂ supérieure à 5 µg/m³.

A l'inverse les concentrations en SO₂ mesurées par tubes passifs sont faibles (inférieures à 5µg/m³) lors des campagnes ou les analyseurs mesures des valeurs horaires plus faibles pour les périodes d'études.

Tableau VI : Points de mesure affichants des concentrations en SO₂ supérieures à 5 µg/m³ sur au moins l'une des campagnes de mesure par échantillonnage passif entre 2009 et 2014 (concentrations issues des données brutes)

- a) correspondants à la saison fraiche (2009, 2011 et juin 2013)
- b) correspondant à la saison chaude (2010, 2012, février 2013 et mars 2014)

a) N° site	Site de mesure	Typologie	SO ₂ 2009	SO ₂ 2011	SO ₂ juin-2013
3	Turbine élec. Ducos	Industrielle	0.3	/	6.9
9.1	Numbo	Industrielle	3.2	1.1	5.4
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	1.8	/	6.5
10.1	Station Logicoop	Industrielle	3.6	6.6	6.9
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	0.3	5.7	4.6
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	1.2	/	6.9
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	3.0	5.4	6.0
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	1.9	9.3	10.1
19	Rd pt Papeete - Ducos	Trafic	1.8	1.7	11.4
20.1	Station Montravel	Industrielle	1.4	1.4	10.9
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	2.6	2.2	7.3
23	Rd-point Berthelot	Trafic	0.8	/	7.6
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	0.8	/	12
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	2.1	2.7	6.5
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	3.4	1.0	6.6
Nombre totale de sites de mesure			43	22	31

b) N° site	Site de mesure	Typologie	SO ₂ 2010	SO ₂ 2012	SO ₂ fev-2013	SO ₂ mars-2014
1	Tindu	Urbaine de fond	8.5	3.0	6.2	3.1
6.1	Ecole CEillets - R. Salée	Urbaine de fond	3.8	5.3	2.3	2.2
9.1	Numbo	Industrielle	14.1	7.7	12.0	10.8
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	31.2	18.4	32.5	20.4
10.1	Station Logicoop	Industrielle	9.3	4.8	2.5	0.7
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	27.7	11.0	19.7	10.1
11	Rue Caulry - Ducos	Industrielle	6.7	4.3	0.7	
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	26.6	9.2	39.8	20.7
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	28.2	13.2	16.1	12.9
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	6.6	10.2	3.3	1.2
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	4.5	8.6	6.3	
30	Sénat coutumier	Industrielle	1.4	8.7	2.0	1.9
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	0.5	9.7	2.0	2.4
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	2.3	7.9	7.0	7.6
Nombre totale de sites de mesure			43	28	32	27

NB : en mars 2014, les sites de mesure de SO_2 barrés sur fond rouge correspondent aux valeurs en duplicata erronées non retenues dans le jeu de données.

NB : les concentrations en SO_2 de la campagne de **juin 2014** ne sont pas traitées en raison du non-respect des critères de fiabilité des résultats (voir 3.1.3 p.14)

➤ Cas du dioxyde d'azote NO_2

Les valeurs de références :

L'objectif de qualité pour le NO_2 est fixé à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La valeur critique pour la protection de la végétation, est fixée à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de ne pas dépasser $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24h.

Le seuil d'information et de recommandation pour le NO_2 est fixé à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

Inter-comparaison des campagnes :

Le **tableau VII** présente les sites de mesure par échantillonnage passif, affichant des concentrations en NO_2 supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur au moins une des campagnes de mesure de 2009 à 2014. La valeur de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été sélectionnée de manière à identifier les points les plus impactés des séries étudiées.

En saison chaude, aucun site de mesures en 2012 et mars 2014 ne dépasse cette valeur de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On note que c'est le site du **rond-point Berthelot** qui affiche la valeur la plus élevée : $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012 et $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014

En saison fraîche, entre **3** et **12** sites de mesures dépassent cette valeur de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les moyennes en NO_2 sur Nouméa sont jusqu'à 3 fois supérieures aux niveaux moyens de NO_2 en saison chaude.

En **juin 2009**, 12 points de mesure avaient des valeurs supérieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces points avaient été classés comme potentiellement soumis à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité annuel¹⁶. On observe une certaine **stabilité** de ces points les plus impactés entre **2009 et 2014**.

En effet, d'une campagne à l'autre les points les plus impactés sont globalement les mêmes correspondent aux **axes et ronds-points principaux de la ville**.

Les valeurs de pointes maximales en NO_2 sont mesurées sur le site du rond-point Berthelot au cours de toutes les campagnes de mesures, sauf en 2011 où la concentration mesurée le long de la voie express est légèrement supérieure.

Les sites de mesure les plus soumis à une pollution au **dioxyde d'azote** sur la ville sont majoritairement de **typologie trafic** : les ronds-points de Berthelot, Belle Vie, de Magenta, Ampère et des axes de circulation supportant un trafic journalier dense, la voie express, la rue Iékawé, l'avenue Victoire, etc.

En 2009 et juin 2013 et 2014 le site de typologie industrielle, l'avenue **James Cook** à **Nouvelle** affiche une concentration relativement forte en dioxyde d'azote, notamment en raison des secteurs de vents variables et faibles rencontrés au cours de ces saisons fraîches qui favorisent l'accumulation de la pollution à proximité du lieu d'émission.

¹⁶ Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 - O_3 sur la ville de Nouméa – juin 2009. p.34 ;

Scal-Air – Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 sur la ville de Nouméa du 8 juin au 15 juin 2011 – rapport d'étude décembre 2011

Tableau VII : Points de mesure affichant des concentrations en NO₂ supérieures à 40 µg/m³ sur au moins l'une des 3 campagnes (concentrations issues des données brutes) - correspondants à la saison fraîche (2009, 2011, juin 2013 et juin 2014) (aucun site en saison chaude n'affiche de concentrations supérieures à 40 µg/m³)

N° site	Site de mesure	Typologie	NO ₂ 2009	NO ₂ 2011	NO ₂ juin-2013	NO ₂ juin-2014
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	51.1	50.9	50.5	48.4
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	47.4	37.1	38.7	35.0
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	41.2	/	40.5	36.1
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	46.9	33.5	41.4	42.9
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	42.4	40.0	49.0	48.3
23	Rd-point Berthelot	Trafic	64.2	49.1	57.8	57.1
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	37.2	/	40.1	39.6
33	Rd Pt Patch - Centre-ville	Trafic	52.9	/	15.9	30.1
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	46.1	39.4	44.7	37.4
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	47.3	/	38.8	39.0
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	52.4	39.4	44.5	43.8
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	51.4	26.8	42.0	41.9
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	50.7	39.9	49.3	48.9
Nombre totale de sites de mesure			34	15	24	24

Les résultats saisonniers obtenus confirment **l'influence de la périodicité saisonnière des conditions de vents** sur les concentrations de dioxyde d'azote mesurées¹⁷ :

En saison chaude, les vents majoritairement forts favorisent la dispersion de la pollution issue du trafic routier dès son émission - c'est le cas des conditions rencontrées lors des campagnes de février 2010, 2012, 2013 et mars 2014¹⁸,

En saison fraîche, les vents majoritairement faibles favorisent l'accumulation de cette pollution à proximité des axes de circulation les plus importants - conditions rencontrées lors des campagnes de juin 2009, 2011, 2013 et 2014.

En outre, notons également que le mois de **février** est une période où le trafic connaît une diminution inhérente aux **vacances scolaires**.

Au regard du seuil de référence horaires de **200 µg/m³**, les mesures en continu sur le site des stations fixes de Nouméa montrent des valeurs de pointes en NO₂ faibles, calculées en moyenne horaire glissante sur 15 minutes, (entre 77 µg/m³ à Montravel en 2009 et 9 µg/m³ à Logicoop en mars 2014).

¹⁷ Se référer à l'annexe 2 : Cartographie des niveaux de SO₂ et de NO₂ par sites de mesure sur l'agglomération de Nouméa.

¹⁸ Se référer à l'annexe 1 : Conditions de vents (secteurs et vitesse) rencontrées au cours des différentes campagnes de mesures de 2009 à 2013, d'après les données fournies par Météo-France.

4.4.5. Les quartiers de la ville sous l'influence de la pollution au SO₂ et NO₂

Les mesures en dioxyde de soufre et dioxyde d'azote par tubes passifs mises en œuvre durant les 8 campagnes temporaires sur la ville de Nouméa de 2009 à 2014 fait ressortir des aspects de distribution spatiale caractéristique selon les différentes saisons fraîche et chaude pour chacun des polluants concernés.

Au regard des résultats obtenus (fig. 13 et 15) il est possible d'identifier plus précisément les zones potentiellement sous l'influence d'une pollution par le SO₂ et le NO₂ et qui pourraient faire l'objet d'une surveillance régulière.

➤ Cas du SO₂

Les quartiers de N'Du, Numbo, Tindu, Ducos (Sud de la presqu'île, rue Coudelou) et Logicoop, révèlent des concentrations en polluants, les **plus fortes**, au cours des différentes campagnes de mesures temporaires.

Dans une moindre mesure et dans les cas où le vent ne correspond pas au régime de vents majoritaires d'alizé, les quartiers suivants sont également impactés par une pollution d'origine industrielle par le SO₂ : l'extrémité de la presqu'île de Nouville (Lycée Jules Garnier), la zone industrielle de Ducos, Montravel, Vallée du Tir, Centre-Ville.

De manière à mieux apprécier les niveaux de dioxyde de soufre sur la presqu'île de Ducos, le **laboratoire mobile** a été placé dans le secteur à plusieurs reprises : à l'Université de la Nouvelle Calédonie en juin 2010, novembre 2012 et février 2013, au terrain de cricket de l'anse N'Du en avril 2011 et à Numbo en avril 2012. Les résultats de ces campagnes ont révélé l'exposition plus ou moins forte de chacun des sites, aux émissions d'origine industrielle du fait de la présence de vents de secteurs **Est/Sud-Est à Est/Nord-Est**.

En revanche un analyseur de SO₂ positionné au niveau de la **rue Papeete de Ducos** de mars à août 2012 n'a relevé qu'une **faible exposition** du site de mesure au SO₂. Ceci est notamment dû à des conditions de vents rarement rencontrées de Sud/Sud-Est au cours de la période, qui dispersent le panache d'émission industrielle, vers le site de mesure situé à l'entrée de la presqu'île de Ducos.

Les mesures temporaires par échantillonnage passif montrent une relative **hétérogénéité** des concentrations en SO₂ obtenues à l'échelle de l'agglomération sur les sites de différentes typologies (trafic, industriel, urbain de fond).

Ceci reflète une importante variabilité interannuelle dans la répartition spatiale de ce polluant en lien avec les conditions climatiques de dispersion du panache de pollution industrielle.

➤ Cas du NO₂

Les sites de mesures des ronds-points Berthelot, de Magenta, de Rabot – Belle Vie, de Papeete à Ducos, de l'Avenue Victoire et Foch au centre-ville, de la rue Gallieni au centre-ville, de la voie express à l'entrée de Ducos ZI, de la rue Bénégig révèlent des concentrations en polluants les **plus fortes** au cours des différentes campagnes de mesures temporaires.

Les premières mesures par échantillonnage passif ayant déjà permis d'identifier certains sites influencés par une pollution au dioxyde d'azote, des campagnes de type **trafic routier** ont été effectuées par le **laboratoire mobile** : rue Gallieni au centre-ville de Nouméa en 2010 et en 2014, en 2011 le long de la VDO à proximité du rond-point Berthelot, rue de la Baie des Dames à Ducos en 2012 et rue J. Iéakawé en 2013.

Les résultats de ces campagnes ont montré des niveaux moyens journaliers comparables aux niveaux hebdomadaires mesurés par échantillonnage passif pour chaque saison concernée.

Les mesures temporaires par échantillonnage passif montrent une assez bonne homogénéité des concentrations en NO_2 obtenues à l'échelle de l'agglomération sur les sites de mesures.

Les sites avec de fortes concentrations en NO_2 sont répartis sur **l'ensemble de la ville**, aux abords des axes de circulation majeurs, contrairement aux valeurs élevées en SO_2 ayant une répartition spatiale davantage localisée.

Les **sites trafic**, où on relève les valeurs les plus élevées en NO_2 , présentent une **transition plus progressive** avec les autres sites en termes de concentration de ce polluant.

Les sources en dioxyde d'azote sont multiples sur la ville et la répartition spatiale de ce polluant est en lien directe avec l'intensité du vent qui pourra favoriser la dispersion ou l'accumulation de la pollution issue du trafic routier dès son émission.

5. Conclusions et perspectives

Les mesures par échantillonnage passifs effectuées en 2012, 2013 et 2014 viennent confirmer l'influence de la **périodicité saisonnière** des conditions météorologiques sur la répartition et les niveaux des polluants mesurés sur le domaine d'étude depuis 2009.

L'analyse des résultats bruts obtenus au cours des **8** campagnes ponctuelles de 2009 à 2014, fait ressortir des aspects de **distribution spatiale** caractéristiques selon les **saisons fraîche** ou **chaude** pour chacun des polluants concernés. Ainsi une reconstitution de moyennes annuelles tendra à masquer les particularités saisonnières des phénomènes de pollution.

Lors des **saisons fraîches** avec des **vents d'intensité faible**, changeant et périodiquement d'**Ouest**, le panache de pollution en **SO₂** tend à connaître une distribution spatiale plutôt variable sur l'ensemble de l'agglomération.

Les concentrations relevées sur les sites de mesures de la ville lors des mois de juin (saison fraîche) sont globalement **plus faibles** qu'en saison chaude. Ceci peut-être nuancé au regard de la campagne de **juin 2013**, qui reflète l'existence d'une **variabilité interannuelle** dans la répartition spatiale de ce polluant en lien avec les **conditions météorologique** de dispersion du panache de pollution industrielle et les **valeurs d'émissions**.

Durant les **saisons chaudes** de 2010 à 2014, avec un **régime d'alizé dominant**, le panache de pollution en **SO₂** issu du site industriel émetteur de Doniambo est orienté préférentiellement vers la **presqu'île de Ducos**. On observe alors une nette discrimination entre les sites de typologie industrielle et les autres sites (de typologie trafic et urbain de fond) en terme de concentration de ce polluant.

Pour les différentes campagnes mises en œuvre depuis 2009, les concentrations en **NO₂** les plus **élevées** sont relevées essentiellement sur les sites de typologie **trafic** quelles que soient la saison. Elles sont ensuite décroissantes, des sites industriels aux sites urbains de fond. Les concentrations en **NO₂** sont inversement différenciées à celles du **SO₂** selon les saisons : on observe des valeurs sensiblement **plus élevées** durant la **saison fraîche**, avec des **vents faibles** et variables, que durant la **saison chaude**, avec un **régime d'alizé** dominant favorisant la dispersion de la pollution aux oxydes d'azote issue du trafic routier dès son émission.

Le **suivi régulier** de l'évolution des niveaux de polluants a permis d'apporter une meilleure connaissance de la distribution spatio-temporelle des polluants **SO₂** et **NO₂** suivis à l'échelle de la ville de Nouméa.

Les résultats bruts des concentrations des campagnes par échantillonnage passifs de 2009 à 2014 permettent d'identifier les quartiers de la ville les plus influencés par la pollution atmosphérique.

Il existe une **pollution chronique** au **dioxyde d'azote**, liée au trafic routier à proximité des axes les plus fréquentés de la ville, connaissant pour la plupart des engorgements périodiques réguliers : ronds-points Berthelot, de Magenta, de Rabot - Belle Vie, de Papeete à Ducos, l'Avenue Victoire et Foch au centre-ville, la rue Gallieni au centre-ville, la voie express à l'entrée de la zone industrielle de Ducos, la rue Bénébig.

Le **dioxyde de soufre**, traceur de la **pollution industrielle** influence essentiellement **les secteurs sous le vent dominant** des émissions de la centrale thermique de Doniambo, principalement les quartiers de N'Du, Numbo, Tindu, Ducos (Sud de la presqu'île, rue Coudelou), Logicoop. Dans une moindre mesure et dans les cas où le vent ne correspond pas au régime de vents majoritaires d'alizé, la presqu'île de Nouville la zone industrielle de Ducos, les quartiers de Montravel, de la Vallée du Tir, du Centre-Ville sont également impactés.

Depuis 2009, ces campagnes de mesures ont permis de récolter des données primordiales pour bâtir une stratégie cohérente de surveillance de la qualité de l'air en fonction des types de pollutions identifiés et des objectifs de cette surveillance.

A l'avenir, la pérennisation de deux campagnes réalisées au cours d'une même année, ciblant chacune des deux saisons, suivant le même modèle qu'en 2013 et 2014, devrait permettre d'approfondir les constats établis quant à la répartition spatiale et saisonnière de la pollution atmosphérique au dioxyde de soufre et dioxyde d'azote sur la ville de Nouméa.

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

ARRETE n° 11387-2009/ARR/DIMEN du 12 novembre 2009, « autorisant la Société Le Nickel -SLN SA à poursuivre l'exploitation de son usine de traitement de minerai de nickel de Doniambo, sur le territoire de Nouméa ».

ASPA 12090702-ID. Analyse statistique exploratoire des données issues des campagnes de mesure temporaire réalisées par Scal-Air sur l'agglomération de Nouméa.

DIRECTIVE 2008/50/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

INSEE-ISEE. Recensement de la population 2009.

Scal-Air. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa – rapport d'étude juin 2009.

Scal-Air. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂-O₃ sur la ville de Nouméa du 18 au 25 février 2010 – rapport d'étude juillet 2010.

Scal-Air. Campagne de mesure par échantillonnage passif SO₂-NO₂ sur la ville de Nouméa du 8 juin au 15 juin 2011 – rapport d'étude décembre 2011.

Scal-Air. Mesure de la qualité de l'air à proximité d'un axe routier - rue Jacques Iékawé - Nouméa Laboratoire Mobile - Avril à Juillet 2013.

Scal-Air. Mesure de la qualité de l'air en site trafic - VDO et Route de la Baie des Dames - Nouméa - Bilan 2010-2012.

Scal-Air. Mesure de la qualité de l'air rue Gallieni - Nouméa- Laboratoire Mobile - 09-12/2010.

7. Annexes

ANNEXE 1 : données météorologiques complémentaires

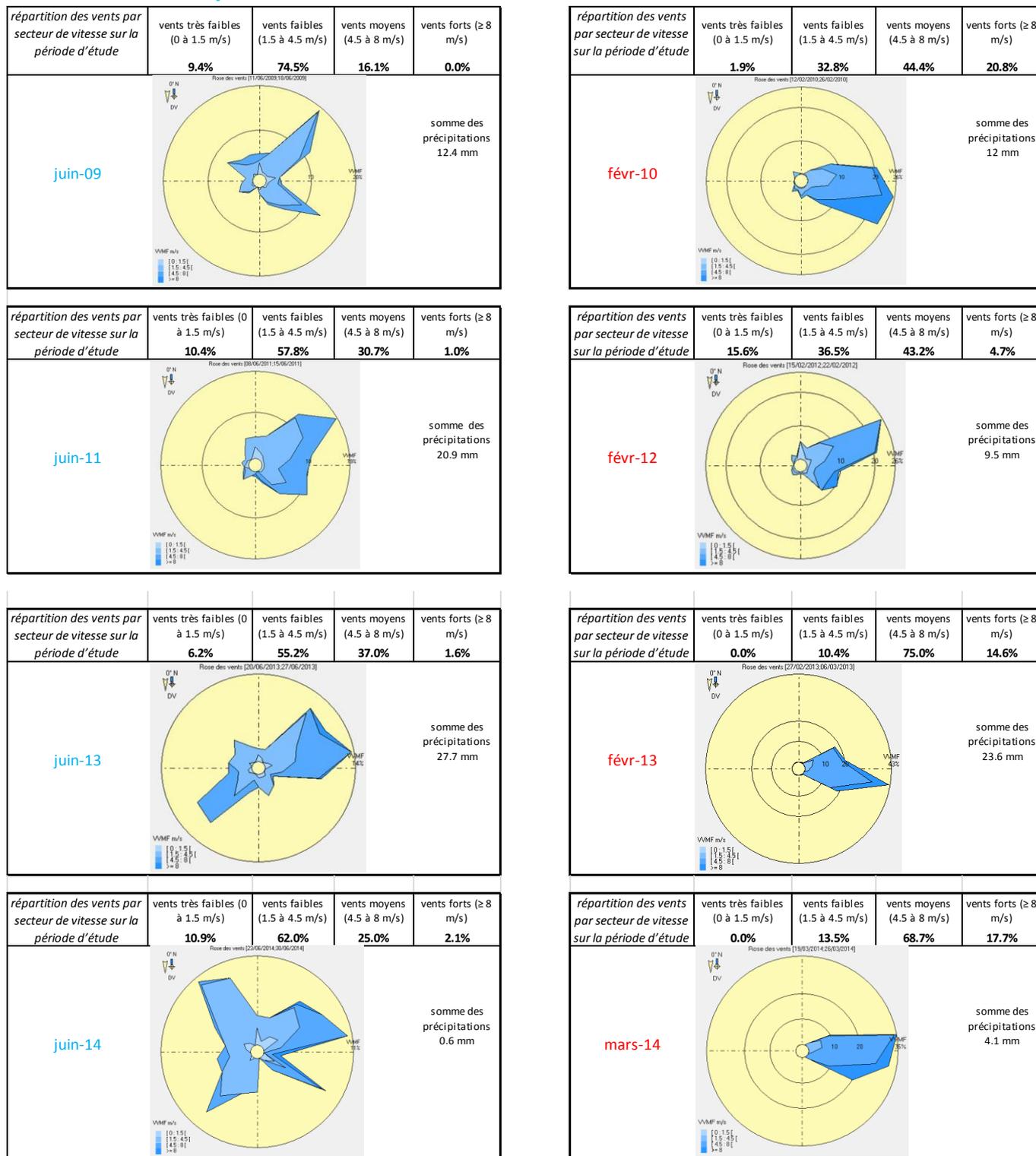


Figure A : Roses des vents et répartitions des vents par secteurs de vitesse sur les périodes d'études en saisons fraiches (juin 2009, 2011, 2013 et 2014 en bleu) et saisons chaudes (février 2010, 2012, 2013 et mars 2014 en rouge) d'après les données fournies par Météo-France sur la ville de Nouméa – de 2012 à 2014

ANNEXE 2 : CARTE COMPLEMENTAIRE



Figure B : Points de mesure par typologie – campagne de mesure par échantillonnage passif sur les sites de mesure de la ville de Nouméa

ANNEXE 3 : définition des typologies des sites de mesure

Typologie Urbaine de fond

Objectif : Suivi de l'exposition moyenne de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits "de fond" dans les centres urbains.

Polluants mesurés / recommandés : NO_x, PM₁₀, O₃, SO₂ et composés organiques volatils, sous condition de niveaux pertinents

Type de zones : pôles urbains

Types d'émetteurs : Les sources responsables sont plutôt de types surfaciques et multi-émetteurs. Les émetteurs se situent à l'intérieur de l'aire urbaine et sont les principaux facteurs de pollution atmosphérique. Le point de mesure ne se trouve pas sous l'influence dominante ou prépondérante d'une source industrielle, sauf si la densité de population dans un rayon de 1 km est supérieure à 4 000 hab / km².

La distance aux voies de circulation routière dépend du Trafic Moyen Journalier Annuel dans les deux sens exprimé en véhicules/jour, la distance étant prise de la verticale du point de prélèvement au bord de la première voie de circulation, voie de bus ou de stationnement. Par exemple pour un Trafic Moyen Journalier Annuel de 3 000 à 6 000 véhicules/jour, la distance d'implantation correspondante est de 20 m.

Densité de population : 3000 hab/km² pour les agglomérations de moins de 500 000 habitants. Pour les zones urbaines n'atteignant pas ces densités, il est recommandé de rechercher un site représentatif de la densité maximale de population.

Typologie Industrielle

Objectif : fournir des informations sur les concentrations mesurées dans des zones représentatives du niveau maximum auquel la population riveraine d'une source fixe est susceptible d'être exposée par des phénomènes de panache ou d'accumulation.

Polluants mesurés / recommandés : polluants réglementés d'origine industrielle spécifiques de l'activité industrielle considérée : SO₂, COV, HAP, métaux lourds, NOx sous condition de niveaux pertinents, dioxines, HF...

Type de commune : tous types de communes à l'exclusion des communes urbaines ayant une densité de population supérieure à 4 000 hab /km². Dans ce dernier cas, la station est considérée comme Urbaine et doit respecter toutes les autres caractéristiques d'une station Urbaine.

Type de zones : espace rural ou urbain.

Type d'émetteurs : cette catégorie doit être représentative d'une ou plusieurs source(s) industrielle(s) locale(s) importante(s). (La priorité est accordée aux ICPE soumises à autorisation et, notamment, à celles pour lesquelles une surveillance de l'air ambiant est prescrite par arrêté préfectoral). Le point de mesure peut être sous l'influence de plusieurs émetteurs d'une même zone industrielle.

Ce type de point de mesure se situe en proximité ou à l'intérieur d'une zone ou d'un site industriel caractéristique en termes d'activité industrielle et de quantités de polluants émis. Les types d'émetteurs dont l'influence doit être prédominante sont les suivants : industrie, y compris traitement des déchets, extraction, transformation d'énergie et distribution.

Typologie Trafic

Objectif : fournir des informations sur les concentrations mesurées dans des zones représentatives du niveau maximum d'exposition auquel la population, située en proximité d'une infrastructure routière, est susceptible d'être exposée.

Polluant mesurés / recommandés : les polluants réglementés d'origine "automobile" comme CO, NOx, particules, composés organiques toxiques.

Type de zones : espace urbain ou éventuellement rural (bord d'autoroute...). Ces points de mesure se situent en priorité dans une zone représentative en termes de trafic et de population exposée (piétons, cyclistes, riverains, automobilistes). L'affluence piétonnière potentielle peut être un critère de sélection.

Types d'émetteurs : la station doit être sous l'influence directe de la source linéaire, sans aucun obstacle. Il est recommandé d'éviter des configurations comme des haies d'arbres ou murs qui peuvent perturber les mesures.

Ce type de point de mesure doit se situer à proximité : soit d'une voirie supportant un trafic supérieur à 10 000 véhicules par jour, soit d'une voie type "canyon" comportant un risque d'accumulation de pollution.

Liste des tableaux

Tableau I : Les polluants surveillés, leurs sources et leurs effets

Tableau II : Les normes de la qualité de l'air pour les polluants SO₂ et NO₂

Tableau III : Liste des sites de mesure et polluants mesurés

Tableau IV : Concentrations moyennes en NO₂ et SO₂ (en µg/m³) obtenues au cours des campagnes de mesure de 2012 à 2014, par polluant et par site de mesure

Tableau V : Pourcentages d'utilisation des différents fiouls Haute Teneur en Soufre (HTS), Basse Teneur en Soufre (BTS) et Très Basse Teneur en Soufre (TBTS) par la centrale thermique de Doniambo

Tableau VI : Points de mesure affichants des concentrations en SO₂ supérieures à 5 µg/m³ sur au moins l'une des campagnes de mesure par échantillonnage passif entre 2009 et 2014 (concentrations issues des données brutes)

a) correspondants à la saison fraîche (2009, 2011 et juin 2013)

b) correspondant à la saison chaude (2010, 2012, février 2013 et mars 2014)

Tableau VII : Points de mesure affichants des concentrations en NO₂ supérieures à 30 µg/m³ sur au moins l'une des 3 campagnes (concentrations issues des données brutes) - correspondants à la saison fraîche (2009, 2011, juin 2013 et juin 2014)

Liste des figures

Figure 2 : Echantillonneurs passifs installés sur un site de mesure : rond-point Belle Vie - Nouméa

Figure 3 : Installation d'échantillonneurs passifs sur un site de mesure

Figure 3 : Schéma d'un tube passif de NO₂

Figure 4 : Photographie d'un tube passif SO₂ et d'un tube passif SO₂ sur un support

Figure 5 : Répartition géographique des sites de mesure par échantillonnage passif sur la ville de Nouméa (campagnes 2012, 2013 et 2014)

Figure 6 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de février 2012

Figure 7 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de février 2013

Figure 8 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de juin 2013

Figure 9 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de mars 2014

Figure 10 : Conditions météorologiques - volume des précipitations humidité relative, rose des vents et vitesses de vents - rencontrées au cours de la campagne de juin 2014

Figure 11 : Corrélation linéaire entre les concentrations en SO₂ (haut) et NO₂ (bas) obtenus par échantillonnage passif et par les analyseurs des stations fixes de Nouméa (Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot, Anse Vata), pour les campagnes de 2012, 2013 et 2014.

Figure 12 : Echantillonneurs passifs installés sur le site de la station du Faubourg Blanchot (vue du toit), jauge Owen et têtes de prélèvements des analyseurs.

Figure 13 : Représentation cartographique des concentrations moyennes en SO₂ (en µg/m³) issues des campagnes de mesure par échantillonnage passif sur l'agglomération de Nouméa en 2012, 2013 et 2014

Figure 14 : Concentrations moyennes par typologie (à gauche) et concentrations moyennes par site et par typologie (à droite) en SO₂ (en µg/m³) au cours des campagnes par échantillonnage passif en février 2012, février 2013, juin 2013 et mars 2014.

Figure 15 : Représentation cartographique des concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) issues des campagnes de mesure par échantillonnage passif sur l'agglomération de Nouméa de 2012, 2013 et 2014.

Figure 16 : Concentrations moyennes par typologie (à gauche) et Concentrations moyennes par site et par typologie (à droite) en NO₂ (en µg/m³) au cours des campagnes par échantillonnage passif en février 2012, février 2013, juin 2013, mars 2014 et juin 2014.

Figure 17 : Pose d'échantillonneurs passifs sur le site du rond-point Berthelot à Nouméa (typologie trafic)

Figure 18 : Concentrations moyennes par typologie en SO₂ en µg/m³ de 2009 à 2014

Figure 19 : Concentrations moyennes par typologie en NO₂ en µg/m³ de 2009 à 2014

Figure 20 : Concentrations moyennes sur la ville de Nouméa en dioxyde d'azote (en claire) et en dioxyde de soufre (en foncé) en µg/m³ au cours des huit campagnes par échantillonnage passif en saisons fraîches (en bleu) et chaudes (en rouge) de 2009 à 2014.

Annexes

Figure A : Roses des vents et répartitions des vents par secteurs de vitesse sur les périodes d'études en saisons fraîches (juin 2009, 2011, 2013 et 2014 en bleu) et saisons chaudes (février 2010, 2012, 2013 et mars 2014 en rouge) d'après les données fournies par Météo-France.

Figure B : Points de mesure par typologie – campagne de mesure par échantillonnage passif sur les sites de mesure de la ville de Nouméa