



Association Calédonienne de Surveillance de la
Qualité de l'Air

Campagne de mesure par échantillonnage passif SO_2 - NO_2 - O_3 sur la ville de Nouméa



Rapport intermédiaire – phase 1
juin 2009

Sommaire

Résumé	4
Introduction	5
Présentation de l'étude	6
Les polluants étudiés	6
> Réglementation européenne	8
> Réglementation française	8
> Réglementation en Nouvelle-Calédonie	8
Valeurs de référence	9
Mise en œuvre de la campagne	11
Le matériel	11
> Les échantillonneurs passifs	11
> Les analyseurs automatiques	12
Les sites de mesures	13
> Liste des sites de mesure et polluants mesurés	14
Déroulement sur le terrain	16
Résultats et commentaires	17
Influence de la météorologie	17
> Directions et vitesses des vents dominants	17
> Température, pluviométrie, hygrométrie	19
Résultats bruts	20
Discussion	21
> Analyse des échantillonneurs passifs « blancs »	21
> Comparaison aux données des analyseurs automatiques	21
> Incertitudes et erreurs de mesure	22
> Correction des données	22
> Résultats corrigés	25
Représentations cartographiques et interprétations	26
> Dioxyde de soufre (SO ₂)	26
> Dioxyde d'azote (NO ₂)	29
> Ozone (O ₃)	32
> Situation par rapport aux normes et aux mesures permanentes	34
Conclusions et perspectives	36
Références bibliographiques	37
Annexes	38

Résumé

Du 11 juin au 18 juin 2009, une campagne de mesure par échantillonneurs passifs a été réalisée par l'association Scal-Air pour les polluants dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂) et ozone (O₃).

45 tubes passifs ont été utilisés pour le SO₂, 35 pour le NO₂ et 20 pour l'O₃, soit au total 100 tubes.

55 emplacements (ou points de mesure) ont été sélectionnés et répartis sur la ville de Nouméa.

Les objectifs de cette campagne sont multiples :

- Mieux connaître la répartition des trois polluants sur la ville pendant la période de mesure. Cela permet notamment d'apporter des éléments de réflexion quant à la représentativité des stations de suivi de la qualité de l'air.
- Le réseau de surveillance de Scal-Air ne dispose pas à l'heure actuelle de station de mesure de type « trafic » (proche d'un axe de circulation majoritaire). Ainsi, il s'agit également d'acquérir les premières informations concernant la pollution de l'air à proximité d'axes routiers importants ou majoritaires.
- Cette démarche doit permettre également d'améliorer les connaissances vis-à-vis de l'impact de l'activité industrielle sur la qualité de l'air de la ville, notamment sur les quartiers situés à proximité du secteur de l'usine de Doniambo.
- Enfin, il s'agit d'évaluer les niveaux de fond d'ozone sur la ville.

Bien que certains résultats se révèlent insuffisants pour conclure quant à la validité des mesures, ils permettent de dresser les premiers constats quant à la répartition de la pollution liée au trafic routier (NO₂ principalement) et de type industrielle (SO₂ principalement).

Certaines valeurs cibles pourraient potentiellement être dépassées pour ces polluants, dans des secteurs ne faisant pas actuellement l'objet d'une surveillance en continu. En outre, les échantillonneurs mettent en évidence l'importance de la pollution de proximité liée au trafic routier, insuffisamment connue à l'heure actuelle.

Par ailleurs, les typologies de site du réseau fixe de mesure sont confirmées en première approche.

Néanmoins, les résultats de cette première étude invitent à de nouvelles campagnes dans le but d'affiner, de corriger ou de compléter les estimations. Cela doit également permettre d'améliorer la représentativité temporelle des mesures, ainsi que leur fiabilité.

L'objectif principal de ces campagnes doit être d'améliorer les connaissances sur la répartition des polluants dans la zone, pour parvenir à optimiser le réseau de surveillance, puis pouvoir à terme estimer la qualité de l'air en tous points.



Introduction

Une campagne de mesure par moyens passifs a été réalisée du 11 juin au 18 juin 2009 pour les polluants suivants : dioxyde de soufre (SO_2), dioxyde d'azote (NO_2) et ozone (O_3).

Cette campagne de mesure répond au besoin d'informations précises sur la répartition des polluants sur la ville de Nouméa. Chaque station de mesure fixe de Scal-Air fournit certes des données de concentrations de ces polluants en continu mais uniquement en certains points.

En ce qui concerne la pollution de fond, ces concentrations sont considérées comme représentatives de la qualité de l'air pour une zone délimitée par un cercle d'un kilomètre de rayon autour de la station de mesure.



55 points de mesure ont été sélectionnés et répartis sur la ville de Nouméa

Pour la pollution de proximité, notamment celle d'origine industrielle (SO_2 essentiellement) observée à Nouméa, les niveaux de concentration en polluants peuvent varier sensiblement et rapidement entre deux secteurs voisins. En effet, la dispersion du panache de l'usine de Doniambo dépend des conditions météorologiques (notamment la direction et la vitesse des vents) et il a été observé que la mesure d'épisode de pollution sur les stations de Scal-Air se faisait uniquement dans le cas de certains régimes de vent (dont la direction correspond à quelques degrés près, à une ligne droite entre l'usine Doniambo et la station de surveillance).

Pour la pollution de type trafic, certains secteurs, soumis à des conditions de forte circulation automobile, peuvent potentiellement connaître des niveaux de pollution très élevés, notamment pour les oxydes d'azote.



Au total, ont été utilisés :

- 45 tubes passifs (sensibles à un polluant spécifique) pour le SO_2 ,
- 35 tubes pour le NO_2
- 20 tubes pour l' O_3

Présentation de l'étude

Les polluants étudiés

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

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



Son origine sur Nouméa est principalement industrielle (centrales thermiques, installations industrielles de combustion). 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. Le trafic routier et notamment les véhicules diesel peuvent être à l'origine d'émissions de SO₂, cependant leur contribution est très minoritaire par rapport aux émissions industrielles, et elle a encore diminué récemment avec l'adoption d'un gazole moins soufré en 2007. Cette contribution est mal connue mais elle était estimée à moins de 1% à Nouméa en 2003 [1].

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

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

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



Les émissions d'oxydes d'azote, majoritairement sous forme de monoxyde, proviennent essentiellement de la combinaison du diazote et du dioxygène de l'air dans les foyers de combustion, sous l'effet des hautes températures.

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

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

En termes d'impact environnemental, les oxydes d'azote interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère, pouvant contribuer au développement d'épisodes de pollution photochimique. La transformation en acides nitreux et nitrique en présence d'eau contribue également au phénomène d'acidification des pluies ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

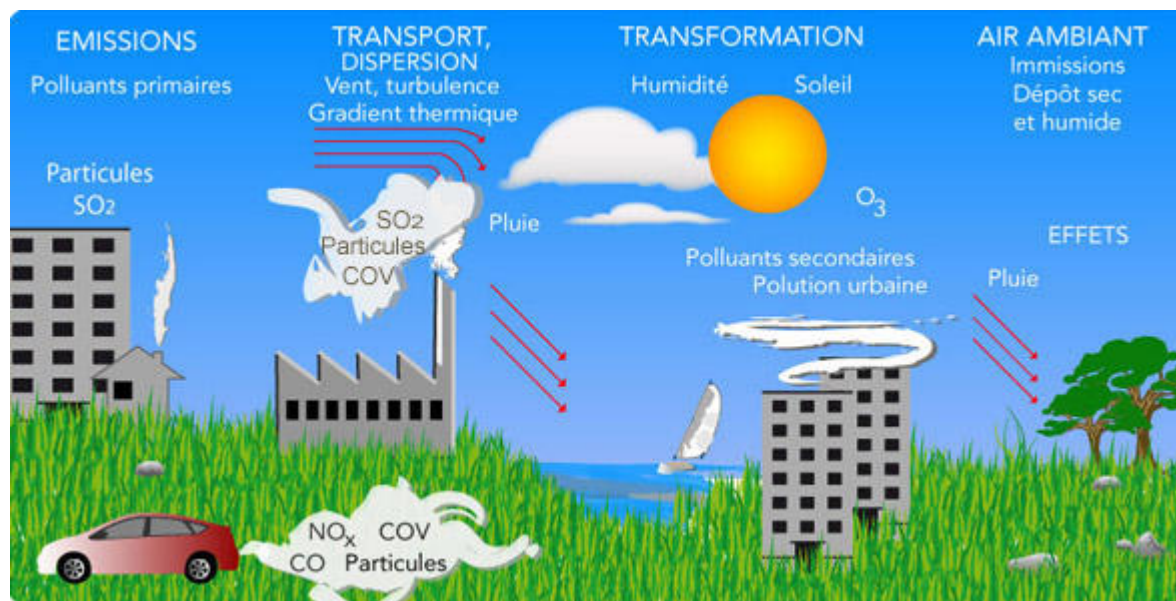
L'ozone (O₃) que l'on mesure dans l'air ambiant se forme par transformation chimique dans l'atmosphère de certains polluants dits "primaires" (en particulier NO, NO₂ et COV), sous l'effet des rayonnements solaires. Les mécanismes réactionnels sont complexes et les plus fortes concentrations d'O₃ apparaissent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



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

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

Schéma du cycle de la pollution :



La réglementation

> Réglementation européenne

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

- La directive 96/62/CE du 27 septembre 1996 de la Communauté Européenne, dite directive « cadre » concerne l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Elle fournit le cadre à la législation communautaire sur la qualité de l'air.
- La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 relative à la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe regroupe la directive cadre 96/62/CE et les directives filles 2002/3/CE, 2000/69/CE et 1999/30/CE.
- Les directives « filles » au nombre de 4, détaillent les différents seuils de référence pour chaque polluant.

> Réglementation française

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 (n°96-1236), couramment appelée loi LAURE, est le principal texte réglementaire qui encadre la surveillance de la qualité de l'air.

Les critères nationaux de qualité de l'air résultent principalement :

- du décret, n°2002-213, du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- du décret, n°2003-1085, du 12 novembre 2003 portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- du décret, n°2007-1479, du 12 octobre 2007 relatif à la qualité de l'air et modifiant le code de l'environnement (partie réglementaire). Ce décret porte transposition partielle des directives "ozone" (2002/3/CE) et "métaux lourds/HAP" (2004/107/CE).
- de la circulaire du 12 octobre 2007 relatif à l'information du public sur les particules en suspension dans l'air ambiant.
- du décret, n°2008-1152, du 7 novembre 2008 relatif à la qualité de l'air. Ce décret mentionne les valeurs cibles relatives à l'ozone, aux métaux (As, Cd, Ni), et au benzo(a)pyrène.

> Réglementation en Nouvelle-Calédonie

Les réglementations citées ci-dessus ne sont pas 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 en général. Seule la réglementation provinciale des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), qui concerne les industries, fixe certaines préconisations applicables à la qualité de l'air en certains points. Sur la zone de Nouméa, en ce qui concerne le SO₂, les arrêtés d'autorisation d'exploitation de la législation ICPE concernant la Société Le Nickel définissent des seuils à respecter sur certains points de mesures prédéfinis. Une révision de ces arrêtés est en cours.

Valeurs de référence

Les concentrations de polluants varient dans le temps, selon plusieurs échelles (horaire, journalière, mensuelle, saisonnière, annuelle...) et de façon différente pour chaque composé. Il est donc indispensable d'avoir plusieurs références pour pouvoir évaluer et surveiller à la fois la pollution « de pointe » (les « pics », ou épisodes) et la pollution « chronique » ou « de fond », ainsi que les évolutions respectives à court ou long terme de ces pollutions.

Différentes terminologies sont utilisées dans la réglementation relative à la qualité de l'air ambiant : valeurs cibles, valeurs limites, objectifs de qualités, seuil de recommandation, seuil d'alerte, etc. :

Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à respecter, si possible, dans une période donnée.

Valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Seuil d'information (et de recommandations) :

Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

Seuil d'alerte

Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

SO₂

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

NO₂

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine
200 µg/m ³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 175h/an
Valeurs limites pour la protection des écosystèmes
30 µg/m ³ en moyenne annuelle (en comptant les NO et NO ₂)
Objectif de qualité
40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuils d'information-recommandation et d'alerte
Information - recommandation : 200 µg/m ³ en moyenne horaire
Alerte : 400 µg/m ³ en moyenne horaire

O₃

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

Mise en œuvre de la campagne

Le matériel

> Les échantillonneurs passifs

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



Les tubes ont été disposés sur le terrain par le personnel de Scal-Air selon les recommandations du fabricant et le protocole habituellement utilisé par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) [2], puis envoyé pour analyse au laboratoire.

Au total, trois types d'échantillonneurs, spécifiques pour chaque polluant, ont été employés : SO_2 , NO_2 et O_3 .

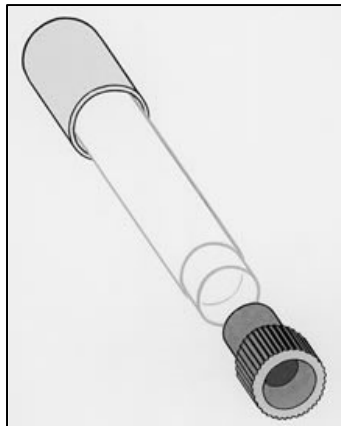
Les échantillonneurs passifs sont bien adaptés pour des campagnes de mesures des polluants atmosphériques dans l'air ambiant portant sur un nombre important de sites. Ils sont largement utilisés par les organismes chargés de la surveillance de la qualité de l'air en métropole et dans le monde. L'avantage de ce type de matériel est qu'il ne nécessite aucune maintenance ni source d'énergie et que sa mise en œuvre est simple et peu coûteuse.

En revanche, ces dispositifs ne sont pas adaptés à la surveillance de la pollution de pointe, étant donné qu'ils fournissent des résultats moyens avec un « lissage » sur la durée d'exposition. Les résultats fournis doivent être par conséquent interprétés avec précaution et ne peuvent être comparés aux seuils de référence concernant la pollution de pointe.

La mesure d'un polluant par échantillonnage passif est basée sur le piégeage des molécules de polluant sur un absorbant chimique (réactif). Les échantillonneurs utilisés sont constitués d'un cylindre en plastique contenant le réactif et dans lequel l'air ambiant circule par diffusion passive.

La quantité en polluant absorbé est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'air durant la période d'exposition.

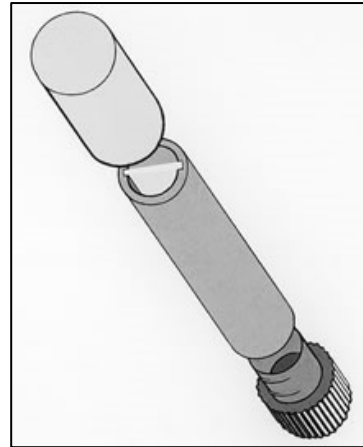
La durée d'échantillonnage choisie pour cette campagne est de 7 jours.



NO₂



SO₂



O₃

Schémas des différents tubes passifs utilisés (source : www.passam.ch)

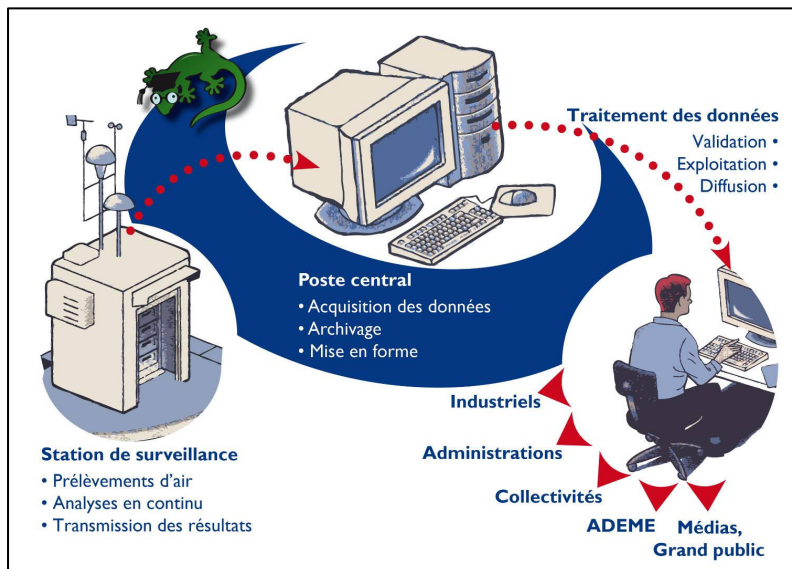
> Les analyseurs automatiques

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

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

Sur ces quatre points et pour chaque polluant, il est possible de comparer les mesures par échantillonneurs passifs avec les mesures faites en continu par les analyseurs et d'envisager éventuellement des ajustements en fonction des écarts constatés ou non.

Cette méthode constitue un moyen de vérification et de validation des données reconnu dans la littérature [2].



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

A : intérieur d'une station de mesure

B : intérieur d'un analyseur à SO₂



Les sites de mesures

La répartition des 55 sites de mesure s'est faite de façon équilibrée par carroyage de la ville selon des carrés d'un kilomètre de côté. Dans chaque carré, selon la ou les typologies majoritaires (trafic, industrielle ou urbaine), les emplacements précis des sites ont été choisis.

Il existe plusieurs nomenclatures des typologies de site de mesure définies au niveau européen. Toutes ces nomenclatures intègrent 5 grandes familles de typologies : urbaine, périurbaine, régionale (ou rurale), industrielle et trafic. La classification française reprend ces familles.

Nouméa est principalement concernée par les typologies « urbaine de fond », « proximité industrielle » et « proximité trafic ». Une des très typologies a été attribuée à chacun des sites de mesure, selon que le site soit urbain de fond, ou qu'il soit sous l'influence majoritaire du trafic ou de l'industrie. Les sites périurbains ont été assimilés par approximation à des sites urbains de fond.

Un site de mesure peut être, selon les cas, représentatif d'une zone géographique plus ou moins étendue :

- Les sites urbains de fond sont volontairement placés à une certaine distance des sources d'émission de polluants (sites industriels, axes routiers importants...). Ils ne sont donc en principe pas directement influencés par une source connue. Ces sites de mesure sont généralement considérés comme représentatifs de la qualité de l'air pour une zone délimitée par un cercle d'environ un kilomètre de rayon autour du point de mesure. Bien entendu, il s'agit de caractéristiques générales à apprécier en fonction de l'environnement immédiat du site et des préconisations techniques en la matière [3].

- Les sites de typologie « trafic » ou « industrielle » sont quant à eux susceptibles de mesurer une pollution de proximité, c'est-à-dire une pollution souvent importante, mais avec une extension géographique très variable, et généralement limitée. La représentativité de ces types de sites, lorsqu'ils mesurent des niveaux importants, est plus limitée, de l'ordre de quelques dizaines à une centaine de mètres. Par exemple la pollution due au trafic devient faible dès lors que l'on s'éloigne de quelques dizaines de mètres d'un axe routier. Pour les sites « trafic » la représentativité peut s'assimiler à une bande de part et d'autre de l'axe routier.

La typologie des sites réfère avant tout la répartition spatiale de la pollution, mais également, de façon intrinsèque, la variation des concentrations dans le temps. En effet, un site « de proximité » aura plus tendance à être soumis à des « pics » de pollution, autrement dit des valeurs pouvant être très élevées pendant une courte durée. A l'inverse, un site « de fond » relève généralement des niveaux plus faibles, mais avec moins de variations dans le temps.

En annexe 1 sont présentées les différentes classes ou typologies de point de mesure, selon les travaux de l'ADEME [3].

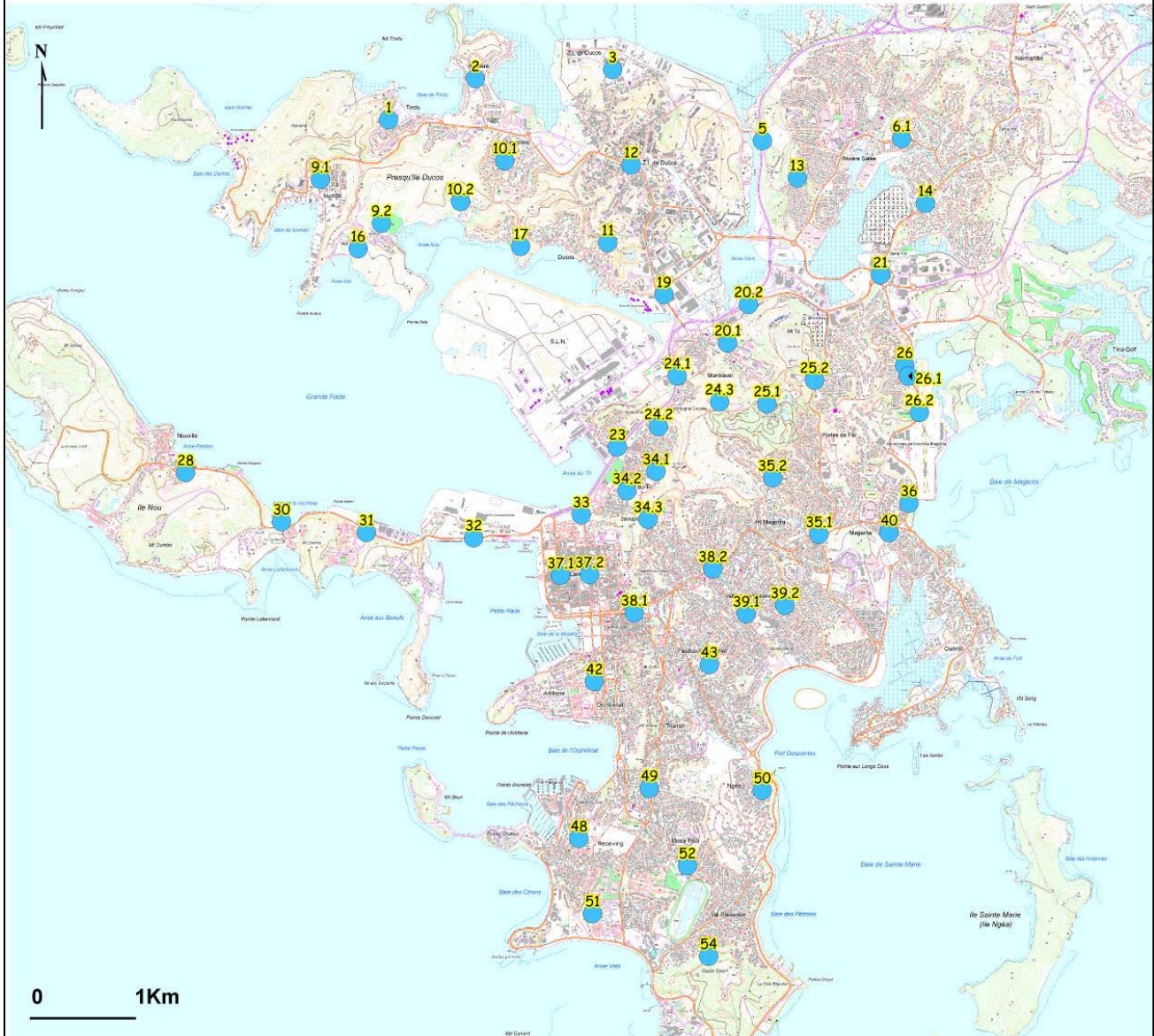
Le tableau ci-après présente la liste des points de mesure et leurs caractéristiques (numéro, nom, typologie de site et types de polluants mesurés). Les polluants mesurés ont été prioritairement sélectionnés en fonction des caractéristiques du site: le dioxyde d'azote est principalement lié aux émissions du trafic routier, le dioxyde de soufre est « traceur » des émissions industrielles et l'ozone est un polluant secondaire, se formant généralement en périphérie des centres urbains, au niveau des zones « vertes ».

> Liste des sites de mesure et polluants mesurés

Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond

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

Repartition géographique des points de mesure sur la ville de Noumea



Déroulement sur le terrain

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

Les supports (boîte en plastique) ont été placés entre 2.5 et 3 m de hauteur, selon les recommandations du fabricant, en utilisant des supports disponibles (lampadaires, poteaux téléphoniques, enseignes, etc.).

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



Résultats et commentaires

Influence de la météorologie

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

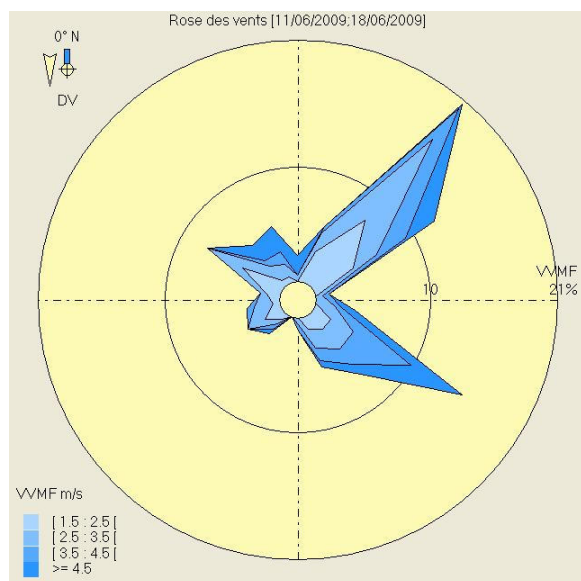
Les données correspondant aux conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesure sont issues des observations réalisées par Météo-France sur la station de Nouméa (tableau des données horaires de vents et de températures en annexe 2).

La pluie est connue pour ses effets de lessivage des polluants atmosphériques, ce qui a pour conséquence la diminution des concentrations en polluant dans l'air ambiant.

Une vitesse de vent élevée favorise la dispersion des polluants. En corollaire, des vents de faible puissance vont favoriser l'accumulation de polluant, notamment aux alentours des zones d'émissions.

> Directions et vitesses des vents dominants

Rose des vents sur la période d'étude (d'après les données fournies par Météo France)



	< 1.5	[1.5 : 2.5 [	[ 2.5 : 3.5 [	[ 3.5 : 4.5 [	>= 4.5	Cumul
[350 : 10 [	2.9		0.6		1.7	2.3
[10 : 30 [	0.6	2.9	1.7	0.6		5.2
[30 : 50 [	0.6	7.5	9.2	3.4	0.6	20.7
[50 : 70 [	0.6	4.0	2.3	2.9	2.9	12.1
[70 : 90 [	2.3		0.6	0.6		1.1
[90 : 110 [	0.6		1.7	0.6	1.1	3.4
[110 : 130 [	0.6	1.7	2.3	5.7	5.2	14.9
[130 : 150 [	0.6	1.7	2.3	1.7	1.1	6.9
[150 : 170 [		1.1	1.7	1.1	0.6	4.6
[170 : 190 [	0.6		0.6	0.6		1.1
[190 : 210 [
[210 : 230 [		0.6	0.6	0.6	0.6	2.3
[230 : 250 [	0.6	1.7	1.7			3.4
[250 : 270 [		0.6	1.7	0.6		2.9
[270 : 290 [		1.1	0.6			1.7
[290 : 310 [		4.0	3.4			7.5
[310 : 330 [	0.6	0.6	1.7	0.6	1.7	4.6
[330 : 350 [		0.6	1.1	1.1	2.3	5.2
Cumul	10.3	28.2	33.9	20.1	17.8	100 %

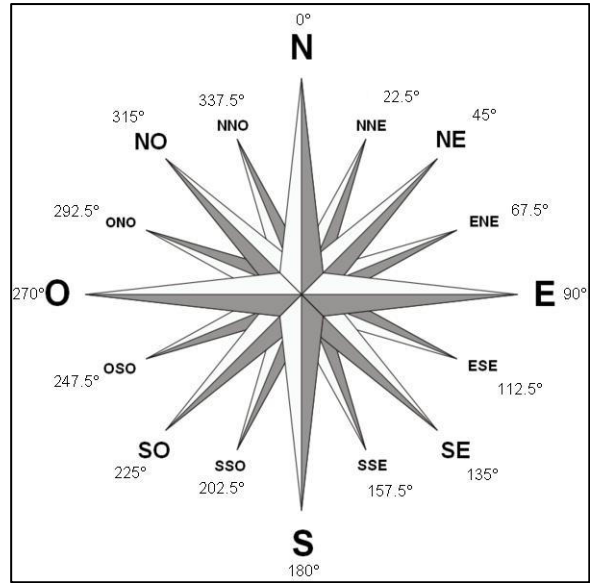
Les vents dominants sur la période de mesure ont été de secteurs Sud-Est et Nord-Est (70% des directions).

Les vents de secteurs Ouest, favorisant notamment la dispersion des polluants d'origine industrielle vers les zones les plus densément peuplées de la ville, représentent moins de 30% des directions sur la période d'étude.

Les vents ont été de force généralement faible, avec 82% des vitesses relevées inférieures à 4.5 m/s (9 nœuds).

Pour information, la rose des vents « moyenne » du mois de juin sur les 10 dernières années est présentée en annexe 3 (document fourni par Météo France).

Ces conditions de vent sont assez inhabituelles. Les vents sont plus majoritairement d'Est à Est/Sud-Est sur l'ensemble de l'année. Une part importante de vents de Nord-Est et également des vents d'Ouest ont été relevés. Cette rose des vents montre une diversité de situations importante sur une durée d'une semaine par rapport à des conditions « standards ». Il est probable que cette variabilité ait diminué les concentrations moyennes dans certaines zones habituellement plus exposées, tout en les augmentant dans d'autres zones habituellement faiblement exposées. La faiblesse relative des vitesses de vent va également dans ce sens, avec une stagnation locale favorisée et moins de dispersion privilégiée vers certaines zones. De façon générale, on peut donc s'attendre à des concentrations moyennes globalement plus élevées et des écarts faibles entre les différents points de mesure à l'échelle de la ville.



Ces observations sont corroborées par l'absence de pics de pollution relevés sur les stations fixes du réseau de surveillance pendant la durée de la campagne. Ces conditions météo ne sont généralement pas favorables à l'identification de zones potentiellement plus impactées, notamment par l'activité industrielle.

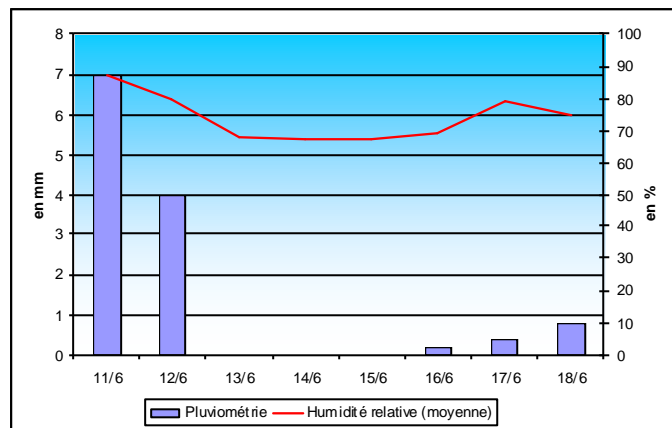
> Température, pluviométrie, hygrométrie

Précipitations

A Nouméa, le bilan pluviométrique du mois de juin correspond aux valeurs normales de saison.

Les deux premières journées de la campagne ont connu les précipitations les plus importantes. Le reste du temps, le temps était nuageux à ensoleillé. Des épisodes de pluie moins importants ont également été relevés pendant les derniers jours de la campagne. Ces jours de pluie sont favorables à l'atténuation des concentrations de polluants dans l'air par effet de lessivage. Avec deux jours de pluie sur sept, on peut considérer que la pollution moyenne sera probablement inférieure à ce qui aurait été observé sur la même période de temps sec.

	Précipitation (en mm)
11/06/2009	7.0
12/06/2009	4.0
13/06/2009	0.0
14/06/2009	0.0
15/06/2009	0.0
16/06/2009	0.2
17/06/2009	0.4
18/06/2009	0.8

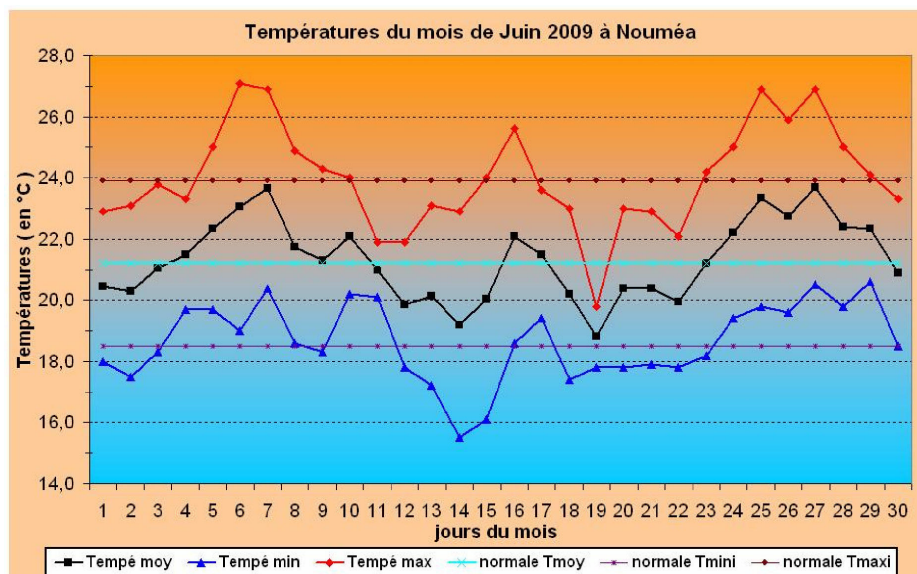


Précipitations enregistrées sur Nouméa du 11 au 18 juin 2009 et hygrométrie moyenne - Source : Météo France

Températures

Sur la durée de la campagne, la température moyenne observée à Nouméa est de 20.2°C, ce qui est très légèrement inférieur à la normale saisonnière.

La température maximale (25,3 °C) a été relevée le 16 juin et la température minimale (15,8 °C) le 14 juin. Comparativement au reste du mois, les températures ont été un peu plus fraîches sur la durée de la campagne.



Evolution des températures à Nouméa pour le mois de juin 2009

Source : Météo France

Résultats bruts

Les résultats ci-dessous sont les concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyennes par polluant et par site de mesure fournis par le laboratoire d'analyse (Passam AG). Les mesures par échantillonnage passif permettent uniquement de connaître les valeurs moyennes sur la durée de la campagne, il n'est pas possible de visualiser les variations des concentrations journalières ou horaires. Ainsi, ce mode de mesure permet d'estimer exclusivement les niveaux de pollution moyens, en dehors des pics.

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Tindu	Urbaine de fond	<0.3	13.3	91.8
2	Kaméré	Urbaine de fond	<0.3	/	68.4
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	<0.3	29.8	77.2
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	<0.3	51.1	72.8
6.1	Ecole CFilllets - R. Salée	Urbaine de fond	<0.3	28	68.6
9.1	Numbo	Industrielle	3.2	17.2	/
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	1.8	/	/
10.1	Station Logicoop	Industrielle	3.6	14.6	/
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	<0.3	/	/
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	1.8	/	/
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	2.1	47.4	/
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	1.2	24.9	/
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	/	41.2	/
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	3.0	/	/
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	1.9	/	/
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	1.8	46.9	/
20.1	Station Montravel	Industrielle	1.4	24.2	/
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	<0.3	41.5	/
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	2.6	42.4	/
23	Rd-point Berthelot	Trafic	0.8	64.2	/
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	1.1	32.4	/
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	3	/	/
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	3.6	/	/
25.1	Parc Forestier	Urbaine de fond	/	/	111.9
25.2	Rue A. Ohlen - PdF	Trafic	<0.3	36.4	/
26.0	Rue Moreau - Aerodrome	Urbaine de fond	/	/	73.9
26.1	Magenta Aerodrome	Trafic	1.6	26.5	/
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	/	26	/
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	<0.3	16.4	118.9
30	Sénat coutumier	Industrielle	1.5	/	/
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	0.8	24.2	98.8
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	2.1	37.2	/
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	2.3	52.9	/
34.1	Collège Vallée du Tir	Industrielle	dégrad.	/	/
34.2	Ecole Petit Poucet - VDT	Industrielle	2.1	/	/
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic	/	37.7	/
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	/	46.1	/
35.2	Rue Mallarmé PdF	Urbaine de fond	<0.3	15.9	/
36	Univ. Magenta - Aerodrome	Trafic	<0.3	26	84.1
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	<0.3	47.3	/
37.2	Place des cocotiers - CV	Urbaine de fond	/	/	81.9
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	3.4	52.4	/
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	2.5	51.4	/
39.1	Ecole C. Koch - VDC	Urbaine de fond	<0.3	/	/
39.2	R. Verteuil - Haut VDC	Urbaine de fond	<0.3	/	102.6
40	Ecole M. Amiot - Magenta	Urbaine de fond	/	/	81.5
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	2.8	50.7	/
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	0.6	17.5	71.7
48	Ecole Receiving	Urbaine de fond	<0.3	/	115.8
49	Motor Pool	Trafic	3.3	37.4	/
50	N'Géa	Urbaine de fond	/	/	104.6
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	1.9	14.4	102.4
52	Hippodrome	Industrielle	1.6	31.5	64
54	Ouen Toro	Urbaine de fond	/	/	125.1

Discussion

> Analyse des échantillonneurs passifs « blancs »

	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Limite de détection	0.3	0.4	5.1

Afin de vérifier que les échantillonneurs passifs n'ont pas été contaminés, 3 tubes blancs de "terrain" (un par polluant mesuré) ont été utilisés lors de la campagne. Ces tubes ont suivi le parcours de distribution des tubes de mesure mais n'ont pas été exposés à l'air ambiant. Dans le cas du SO₂ et du NO₂, les valeurs d'analyse des blancs sont proches du seuil de détection et des valeurs des blancs de laboratoire utilisés lors de l'analyse. Il n'y a donc pas eu de phénomène de contamination ou de réaction parasite.

Pour l'O₃, en revanche, la valeur du blanc de terrain est supérieure à celle du blanc de laboratoire de 40%. La valeur du blanc de terrain a donc été utilisée comme référence en déduction des résultats bruts, en lieu et place du blanc de laboratoire.

> Comparaison aux données des analyseurs automatiques

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

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Les résultats d'O₃ ont été corrigés en fonction du blanc de terrain.

Le rapport entre la concentration obtenue par échantillonnage passif et la concentration moyenne sur la même période fournie par l'analyseur est appelé rapport Tube / Analyseur (T / A)

Un rapport T/A proche de 1 est très satisfaisant et permet de valider les mesures.

N°emplacement	Données	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
43	Station FB - tubes	0.6	17.5	59.5
	Station FB - analyseurs	0.1	13.1	33.9
	T/A	6.0	1.3	1.8
	Ecart relatif (en %)	-500.0%	33.6%	75.6%
51	Station AV - tubes	1.9	14.4	90.2
	Station AV - analyseurs	3.2	10.9	37.2
	T/A	0.6	1.3	2.4
	Ecart relatif (en %)	-40.6%	32.1%	142.4%
10.1	Station LGC - tubes	3.6	14.6	
	Station LGC - analyseurs	6.1	11.1	
	T/A	0.59016	1.31532	
	Ecart relatif (en %)	-41.0%	31.5%	
20.1	Station MTR - tubes	1.4	24.2	
	Station MTR - analyseurs	2.5	22.8	
	T/A	0.6	1.1	
	Ecart relatif (en %)	-44.0%	6.1%	
moyenne ER par polluant (en %)		-41.9%	25.8%	109.0%

> Incertitudes et erreurs de mesure

Selon le fournisseur, le temps maximum entre le ramassage des tubes et leur analyse est de 4 mois.

Cependant, le guide d'échantillonnage passif pour le dioxyde d'azote [2] préconise une analyse dès que possible après la période d'échantillonnage.

Le temps d'attente avant analyse est potentiellement sources d'erreurs de mesure.

De nombreux autres facteurs sont sources d'incertitudes, parmi lesquels on peut citer :

- les conditions du prélèvement (température, hygrométrie, vent...),
- les modalités de transport et de conservation des tubes,
- 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).

De nombreuses études ont été menées sur ces incertitudes et leur estimation. Dans le cadre de ce rapport, il n'est pas envisagé une étude complète des incertitudes, compte tenu du faible nombre de points de comparaison et de sites avec des mesures doublées ou triplées. Une seconde campagne devrait permettre d'approfondir ces aspects et d'améliorer la fiabilité des mesures en augmentant le nombre de points de comparaison.

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

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

On constate que les écarts relevés entre tubes et analyseurs sont généralement compris dans la gamme d'incertitude des tubes, sauf pour l'ozone. Les concentrations d'ozone données par les tubes sont très supérieures à celle habituellement observées avec les analyseurs automatiques.

> Correction des données

De nombreuses méthodologies existent afin de corriger les mesures faites par les tubes passifs. Les AASQA ont en effet acquis une expérience dans le domaine de l'interprétation de ces données et de leurs incertitudes. Ainsi, il est communément admis que des paramètres externes tels que la température et l'humidité peuvent avoir des influences qu'il est nécessaire de prendre en compte. Il est également généralement considéré que les données fournies en continu par les analyseurs automatiques constituent la référence de mesure dans les conditions d'une campagne de mesure par échantillonnage passif.

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

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

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

D'après le guide de l'ADEME [2], cette relation est du type :

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

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

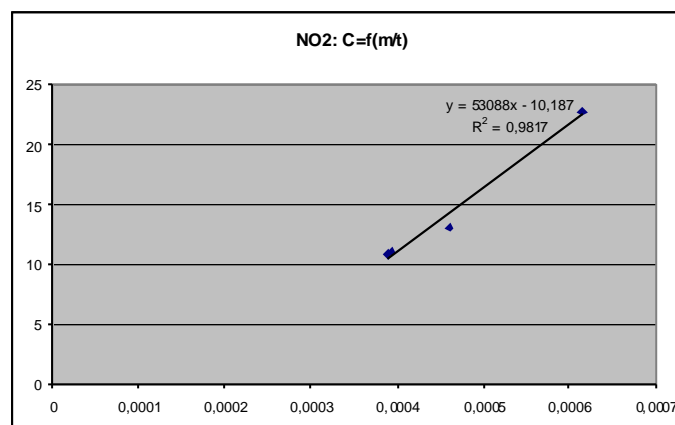
On obtient ainsi une série de données corrigées, par intercomparaison avec les analyseurs. Ces comparaisons sont très sommaires et ne permettent en aucun cas de considérer les résultats corrigés comme des valeurs complètement fiables. Il faut considérer les mesures par tubes comme des résultats indicatifs, avant tout comparables entre eux.

> Cas du dioxyde d'azote (NO₂)

Les valeurs des données échantillonneurs passifs sont supérieures à celles des analyseurs sur la période de mesure.

L'écart moyen est de 25.8%, ce qui représente une surestimation des mesures par tubes passifs. Cet écart est assez stable (proche des 30%) pour les mesures faites sur les stations FB, AV et LGC, ce qui est remarquable. Sur MTR, l'écart est faible (5%).

En travaillant sur les 4 points de mesure du NO₂ on peut ainsi déterminer graphiquement les constantes k et b, définies ci-dessus par une régression linéaire :



Dans le cas du NO₂, d'autres corrections peuvent être appliquées, néanmoins celles-ci correspondent à des cas bien spécifiques, ou à des situations particulières de température et de pression [2]. La correction appliquée ici est sommaire, compte tenu du faible nombre de points de comparaison. Cependant il est à noter qu'elle correspond aux autres types de corrections plus évoluées, la tendance généralement identifiée pour les tubes NO₂ de ce constructeur étant à la surestimation [4], [7].

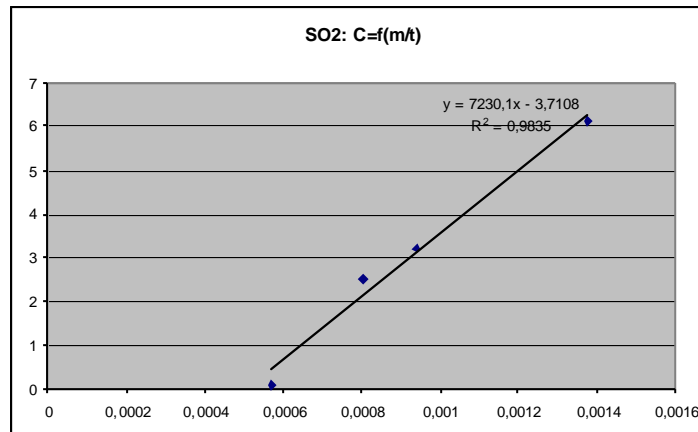
> Cas du dioxyde de soufre (SO₂)

A l'exception de la station du Faubourg Blanchot, les valeurs des données échantillonneurs passifs sont plus faibles que celles des analyseurs automatiques sur la période de mesure. Il est à noter cependant que sur cette station, les valeurs mesurées sont trop faibles pour être considérées comme représentatives.

L'écart relatif (sans le point n°3 – Faubourg Blanchot) est en moyenne de -41.9%, ce qui représente une sous-estimation conséquente des mesures par tubes passifs.

A l'exception du point Faubourg Blanchot, les écarts sont assez similaires entre les analyseurs et les tubes, ce qui indique l'existence probable d'un biais systématique.

Les écarts relevés avec les analyseurs sont dans la gamme d'incertitude des tubes. En appliquant le même raisonnement que précédemment, on peut déterminer graphiquement la relation entre les masses échantillonnées et les concentrations des analyseurs automatiques :



Les concentrations corrigées sont fournies par le tableau ci-après (p.25). A noter que ces concentrations corrigées sont très proches de celles que l'on obtiendrait avec la méthode de correction mise en évidence par *Airfobep* (l'association de surveillance de la qualité de l'Air de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches du Rhône) sur une grande série de tubes passifs SO₂ en 2003 [5]. Dans cette étude, l'association *Airfobep* a pu mettre en évidence et corriger un biais systématique (sous-estimation par les tubes passifs), en application de la norme ISO 13752 [6].

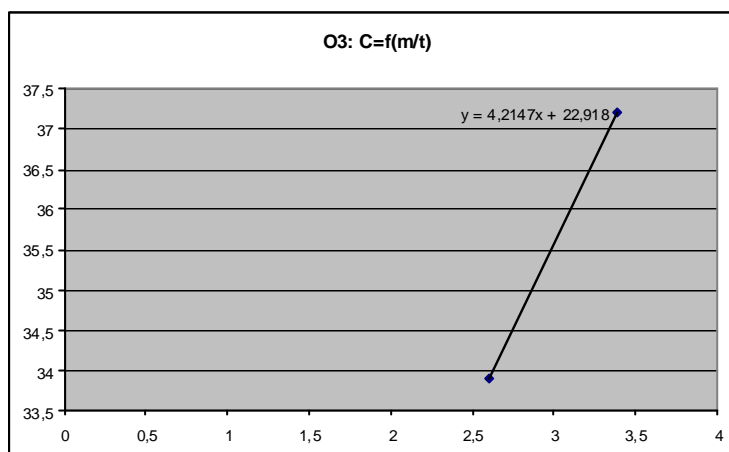
> Cas de l'ozone (O₃)

Les valeurs des données échantillonneurs passifs sont très supérieures à celles des analyseurs sur la période de mesure. Les écarts sont très importants, de 76 à 140 %.

En admettant que les données analyseurs soient correctes, la comparaison avec les données des échantillonneurs ne permet pas de valider les mesures par échantillonneurs sur les points correspondant aux stations fixes.

Les écarts sont plus importants que ceux habituellement constatés sur ce genre de tubes. Une discussion avec le fabricant n'a pas permis d'identifier la cause de ces écarts. Néanmoins, ces tubes ont une sensibilité avérée à la température et au rayonnement solaire. Il est donc probable qu'ils aient pu être altérés lors des différentes phases de stockage et de transport.

L'incohérence des résultats ne permet pas l'exploitation des résultats de la campagne en tant que tels. En outre, du fait de l'existence de deux points de comparaison sur l'ozone, la correction établie suivant la méthode précédente est très peu fiable. Elle semble cependant préférable à l'utilisation des résultats bruts.



Les données ont été corrigées suivant cette méthode pour obtenir une représentation cartographique. Il faut cependant interpréter ces résultats avec une grande précaution et ne pas se fier aux valeurs absolues mais plutôt s'intéresser aux variations de concentrations entre chaque site.

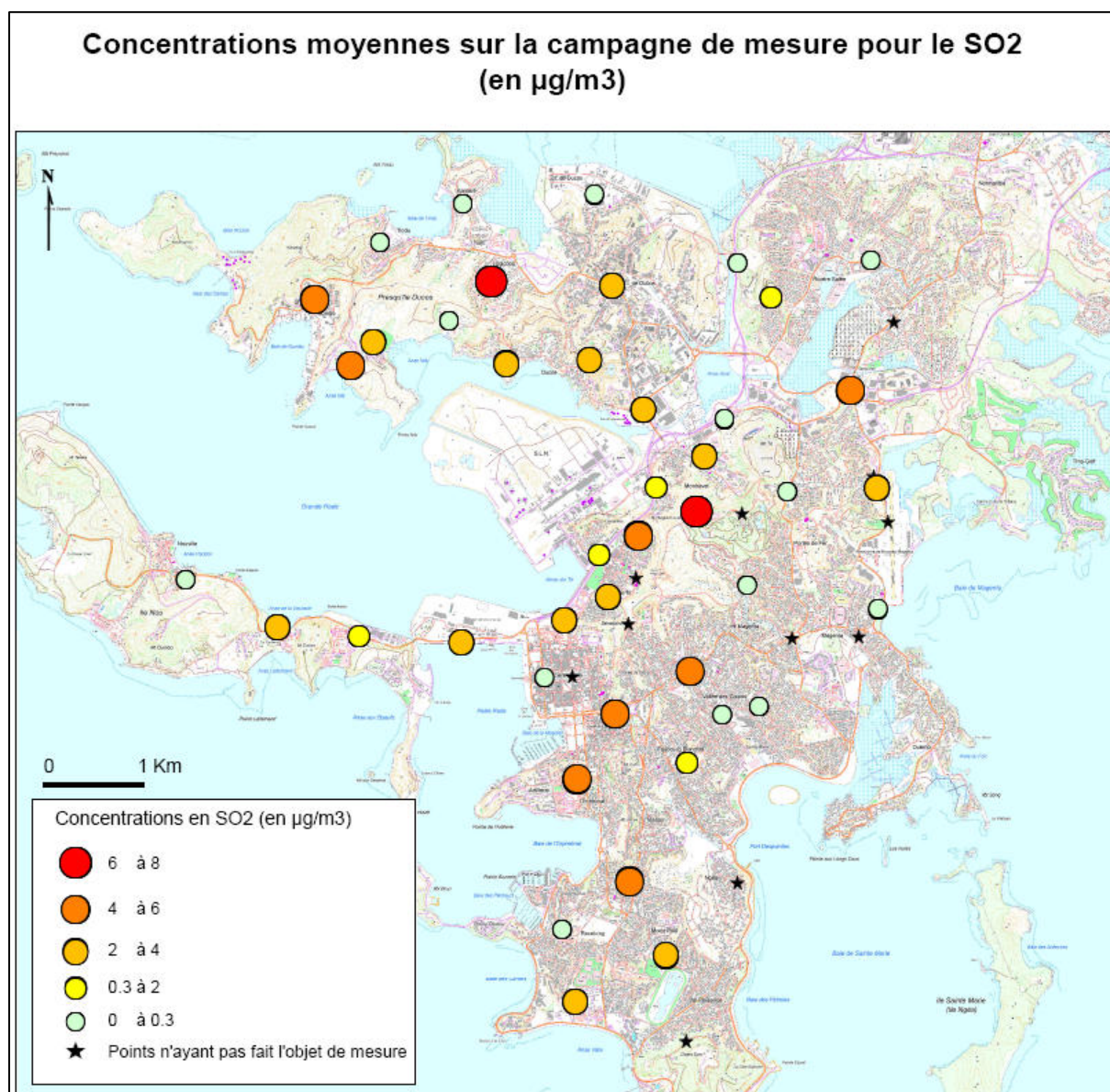
> Résultats corrigés

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	O3 (µg/m3)
1	Tindu	Urbaine de fond	<0.3	9.1	36.1
2	Kaméré	Urbaine de fond	<0.3	/	33.5
3	Turbine élec Ducos	Industrielle	<0.3	29.4	34.5
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	<0.3	55.4	34.0
6.1	Ecole Œilletts - R. Salée	Urbaine de fond	<0.3	27.2	33.6
9.1	Numbo	Industrielle	5.6	13.9	/
9.2	Ndu - terrain cricket	Industrielle	2.8	/	/
10.1	Station Logicoop	Industrielle	6.3	10.7	/
10.2	Rue S. Charlotte - Logicoop	Industrielle	<0.3	/	/
11	Rue Audrain - Ducos	Industrielle	2.8	/	/
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	3.4	50.9	/
13	R. des Roussettes - R. Salée	Urbaine de fond	1.6	23.4	/
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	/	43.3	/
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	5.2	/	/
17	Rue Coudelou - Ducos	Industrielle	3.0	/	/
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	2.7	50.3	/
20.1	Station Montravel	Industrielle	2.1	22.4	/
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	<0.3	43.7	/
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	4.4	44.7	/
23	Rd-point Berthelot	Trafic	0.9	71.5	/
24.1	Montagne Coupée - VDO	Trafic	1.5	32.6	/
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	5.2	/	/
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	6.2	/	/
25.1	Parc Forestier	Urbaine de fond	/	/	38.2
25.2	Rue A. Ohlen - PdF	Trafic	<0.3	37.4	/
26.0	Rue Moreau - Aerodrome	Urbaine de fond	/	/	34.1
26.1	Magenta Aerodrome	Trafic	2.3	25.3	/
26.2	R. Gervolino - Aéodrome	Trafic	/	24.7	/
28	Université de Nouville	Urbaine de fond	<0.3	13.0	39.0
30	Sénat coutumier	Industrielle	2.3	/	/
31	Lycée J. Garnier - Nouville	Industrielle	0.8	22.5	36.8
32	Av James Cook - Nouville	Industrielle	3.3	38.4	/
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	3.7	57.6	/
34.1	Collège Vallée du Tir	Industrielle	/	/	/
34.2	Ecole Petit Poucet - VDT	Industrielle	3.4	/	/
34.3	Rd-pt 2 Vallées - VDT	Trafic	/	39.1	/
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	/	49.2	/
35.2	Rue Mallarmé PdF	Urbaine de fond	<0.3	12.3	/
36	Univ. Magenta - Aerodrome	Trafic	<0.3	24.7	35.2
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	<0.3	50.8	/
37.2	Place des cocotiers - CV	Urbaine de fond	/	/	35.0
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	5.9	57.1	/
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	4.1	55.8	/
39.1	Ecole C. Koch - VDC	Urbaine de fond	<0.3	/	/
39.2	R. Verteuil - Haut VDC	Urbaine de fond	<0.3	/	37.2
40	Ecole M. Amiot - Magenta	Urbaine de fond	/	/	35.0
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	4.8	54.9	/
43	Station Faubourg Blanchot	Urbaine de fond	0.4	14.2	33.9
48	Ecole Receiving	Urbaine de fond	<0.3	/	38.6
49	Motor Pool	Trafic	5.6	38.7	/
50	N'Géa	Urbaine de fond	/	/	37.4
51	Station Anse Vata	Urbaine de fond	3.1	10.5	37.2
52	Hippodrome	Industrielle	2.4	31.4	33.1
54	Ouen Toro	Urbaine de fond	/	/	39.6

Représentations cartographiques et interprétations

Les représentations cartographiques ci-après ont été réalisées à partir des données corrigées des concentrations. Il a été décidé dans un premier temps de ne pas réaliser d'interpolation entre les points de mesure, compte tenu du faible nombre de données géostatistiques disponibles et de l'absence d'outils adaptés. Au fur et à mesure des campagnes, l'expérience accumulée permettra d'affiner les analyses de ces données.

> Dioxyde de soufre (SO₂)



Les concentrations les plus élevées concernent en général les points les plus proches de la zone d'émission majoritaire située sur le secteur de Doniambo : secteurs de Ducos, Logicoop et Numbo, Montagne coupée, Vallée du Tir et Centre Ville.

Les concentrations sont également parmi les plus élevées pour certains points de mesure situés au sud de la ville, à proximité immédiate du trafic.

Ces résultats peuvent être mis en lien avec les conditions de vents. En effet, il a été observé que la dispersion du panache industriel du site de Doniambo, source majoritaire d'émission en dioxyde de soufre, se faisait de manière très directive selon la direction des vents [8]. Ces concentrations relativement importantes dans les quartiers sud sont donc probablement en partie liées aux vents de secteurs Nord observés durant la campagne. Une contribution du trafic routier est également probable, dans une proportion difficile à déterminer.

Les quartiers de Ducos, Logicoop et Numbo sont les quartiers de Nouméa les plus touchés en moyenne par la pollution au dioxyde de soufre, car situés sous les vents dominants de Sud-Est à Est/Sud-Est par rapport à la dispersion du panache industriel.

A noter que le relief très présent sur Nouméa est un facteur important dans les phénomènes de dispersion des polluants. Au niveau des vallées, il peut contribuer à la formation de « cuvettes » d'air stable, favorisant l'accumulation de polluant. En zone de crête (les points de plus hautes altitudes), les vents sont souvent les plus forts, ce qui favorisent la dispersion des polluants.

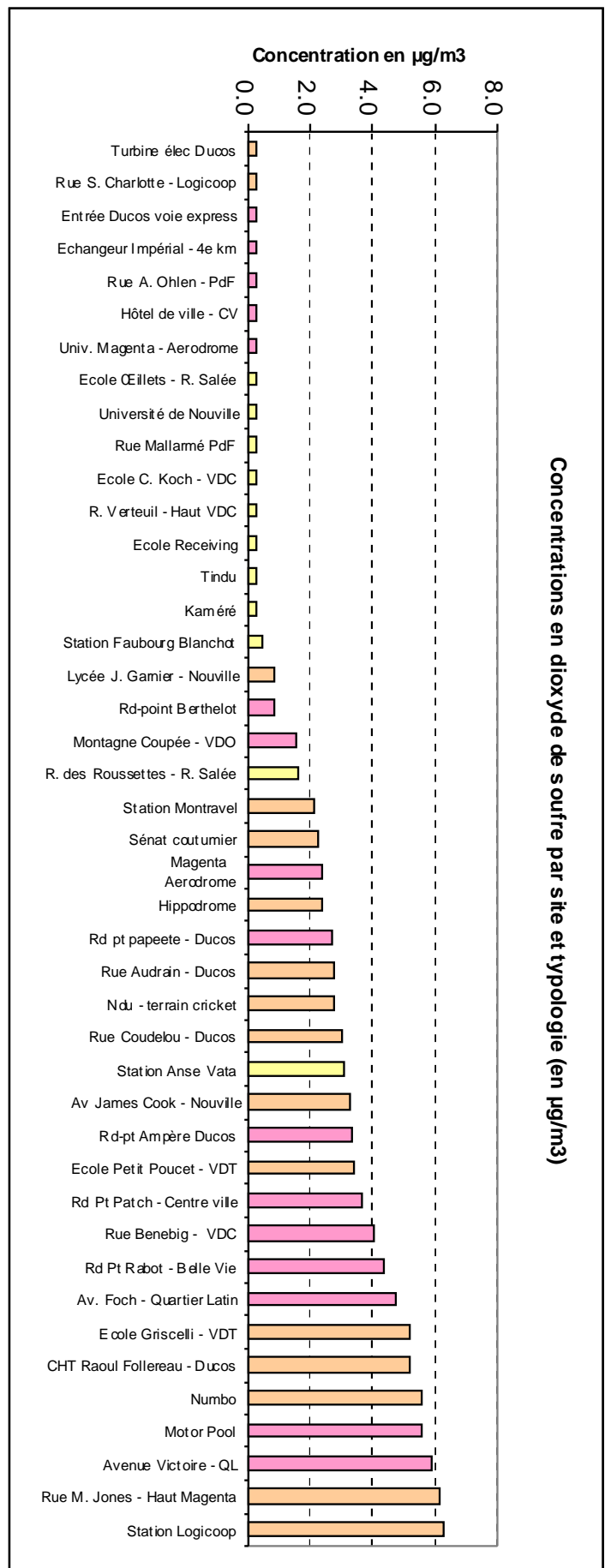
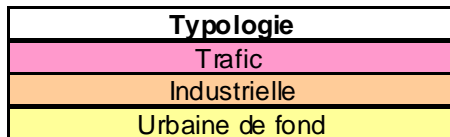
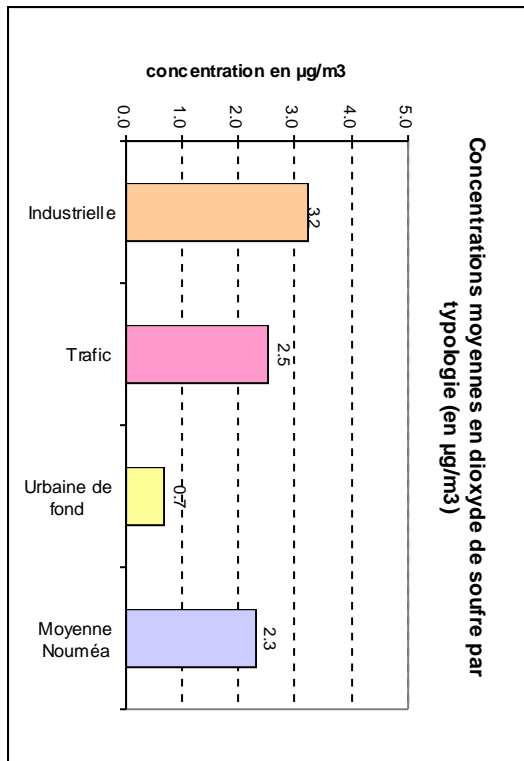
Les concentrations moyennes mesurées sont globalement faibles. L'ensemble des sites respecte les objectifs de qualité, si l'on se ramène à une moyenne annuelle. Une campagne d'une semaine n'est cependant pas suffisamment représentative pour en extrapoler les résultats à l'année.

La moyenne sur Nouméa est de $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la semaine. La valeur la plus importante est relevée sur la station de surveillance fixe de Logicoop. A l'inverse, la station de Montravel fait partie des sites les moins exposés, tout comme celle du Faubourg Blanchot.

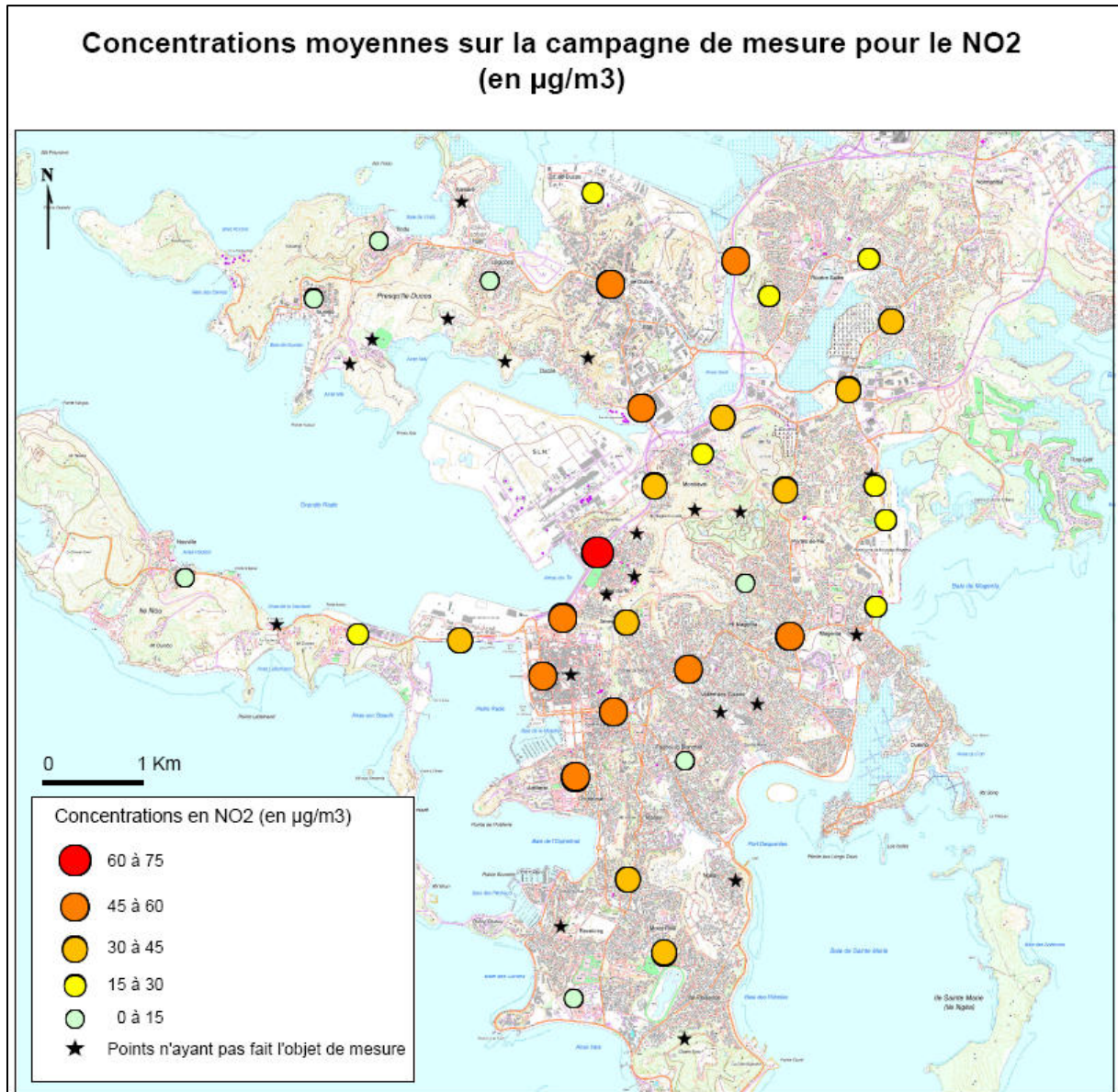
La variabilité des émissions a également une influence sur les concentrations mesurées. Dans le cas du SO_2 , la source majoritaire d'émission à Nouméa se trouve sur le site industriel de Doniambo.

L'influence des émissions sur les concentrations dans l'air ambiant a été mise en évidence [8]. Or, pendant la durée de la campagne, la centrale électrique du site a fonctionné partiellement avec du fioul à très basse teneur en soufre, afin de réduire ses émissions. Ce mode de fonctionnement concerne environ 27% de la durée de la campagne, d'après les données fournies par l'industriel. Il y a donc une diminution probable des concentrations moyennes dans l'air ambiant sur la semaine, compte tenu de ce paramètre.

Les graphiques suivants détaillent les résultats obtenus par site et par typologie. Ils montrent que les niveaux de SO_2 sont en moyenne plus importants sur les sites de typologie industrielle. Certains sites « trafic » connaissent également des niveaux importants.



> Dioxyde d'azote (NO₂)



C'est le quartier Centre Ville qui est globalement le plus impacté par le dioxyde d'azote.

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

La concentration moyenne sur Nouméa est de $34.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cette valeur ne dépasse pas l'objectif de qualité annuel ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais elle s'en rapproche. A noter que la part de sites de type « trafic » est importante pour ce polluant dans le cadre de cette campagne.

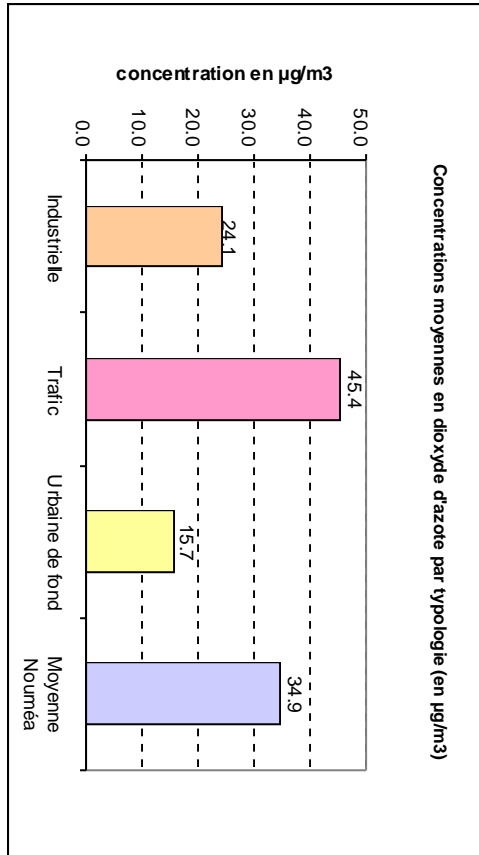
C'est le point n°23 (rond point Berthelot sur la VDO) qui affiche la concentration la plus forte avec $71,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les quartiers de Nouville, Logicoop-Numbo, le Sud et l'Est de la ville font l'objet des concentrations les moins importantes.

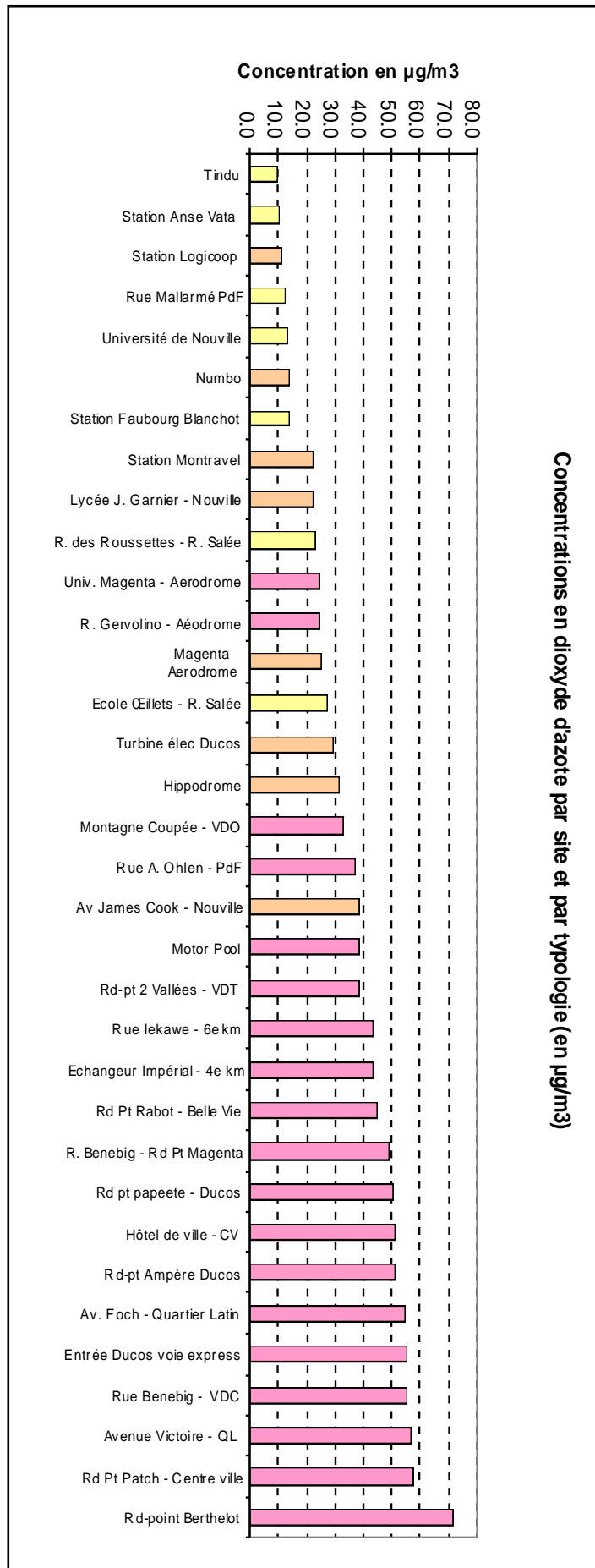
Au final, on constate une différence importante entre niveau de fond urbain et niveau de proximité du trafic automobile.

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

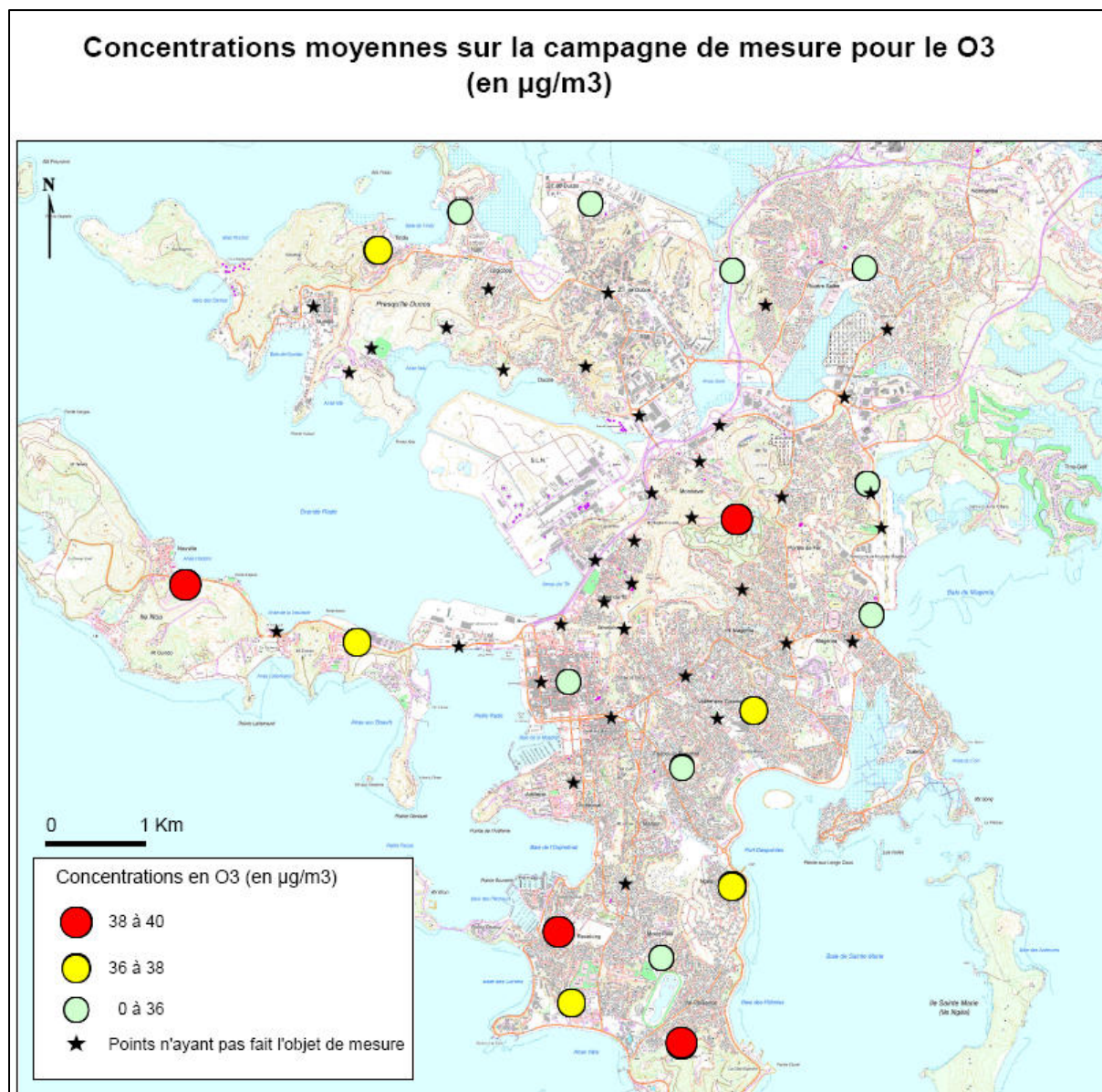
Les niveaux mesurés sur les stations fixes du réseau de Scal-Air sont faibles, au regard des tubes placés en proximité du trafic routier. La station sur laquelle les concentrations sont les plus élevées est celle de Montravel. Comme l'ont montré les mesures en continu par analyseur, ce site est occasionnellement sous l'influence du trafic routier mais pas de façon permanente, ce qui explique des niveaux moyens plus faibles qu'en proximité immédiate du trafic.



Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond

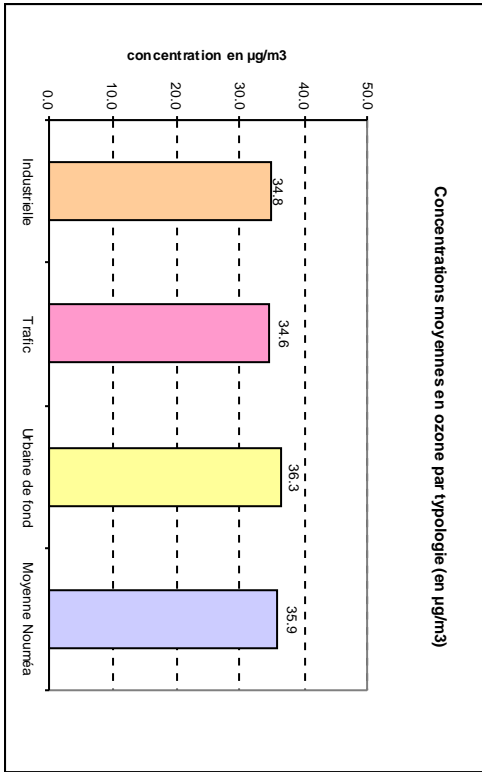


> Ozone (O₃)

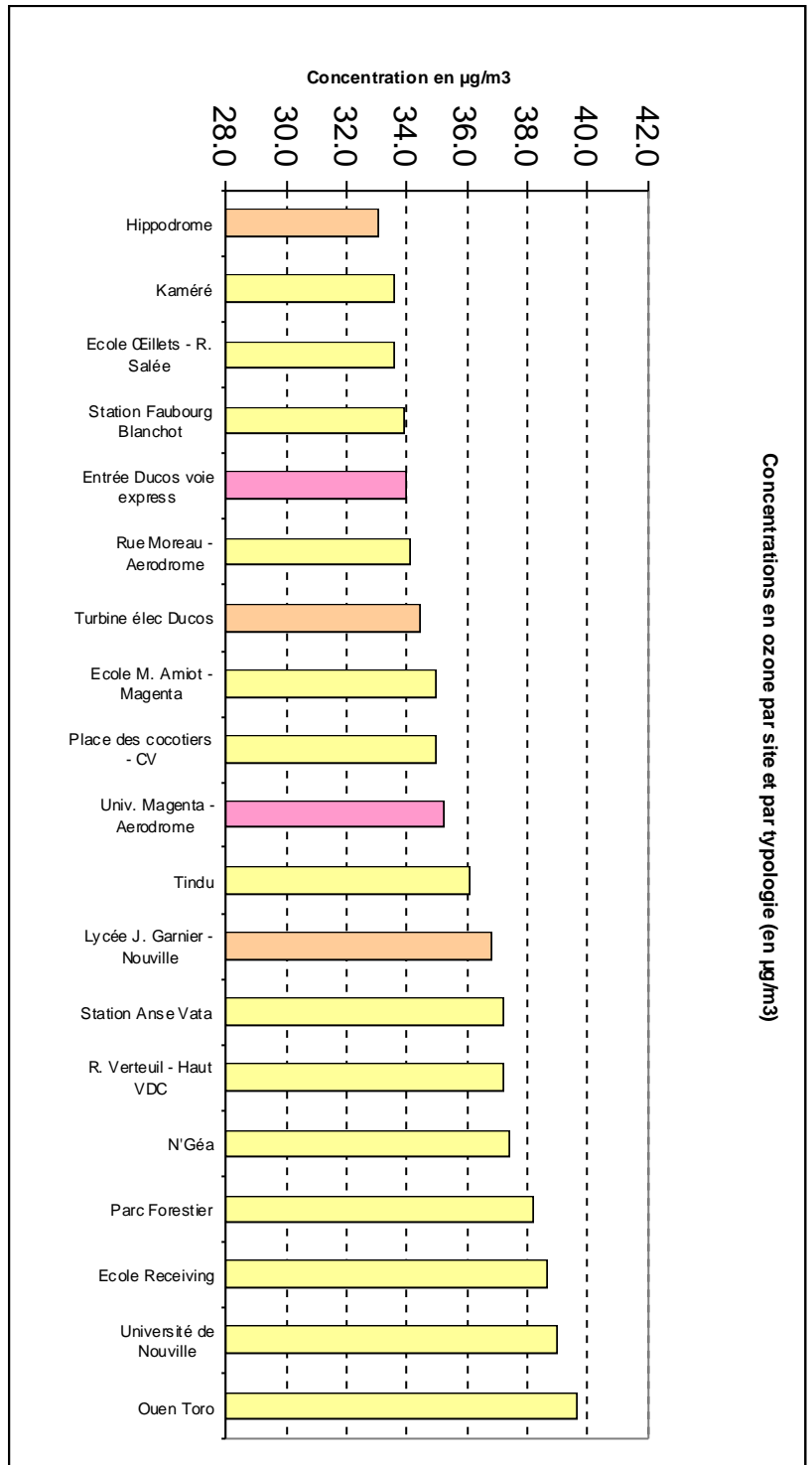


Les résultats des tubes confirment le caractère de polluant secondaire photochimique de l'ozone. Ainsi, les niveaux comparativement les plus élevés se retrouvent en périphérie de la ville et prioritairement à proximité des espaces verts (Ouen Toro, Receiving, parc Forestier...). L'ozone se forme en effet préférentiellement dans les zones où il n'est pas en concurrence avec les polluants automobiles primaires.

Les stations de l'Anse Vata ou du Faubourg Blanchot connaissent des niveaux comparativement moins élevés que les sites cités ci-dessus ou l'Université de Nouville.



Typologie
Trafic
Industrielle
Urbaine de fond



> Situation par rapport aux normes et aux mesures permanentes

En général, l'échantillonnage passif ne permet qu'une comparaison avec des critères normatifs sur le long terme.

Cependant, du fait des conditions météorologiques particulières par rapport aux conditions majoritairement rencontrées à Nouméa dans l'année (directions des vents non représentatives), il est difficile d'extrapoler avec précision les résultats de cette campagne à des valeurs annuelles au point de mesure. Il serait en outre nécessaire d'avoir une meilleure représentativité. Les normes européennes considèrent généralement qu'il est nécessaire de mettre en place une surveillance sur 14% de l'année (soit 8 semaines au moins) pour avoir des données représentatives.

De plus, en raison des écarts de mesures constatés et des corrections réalisées, la comparaison rigoureuse des résultats avec les valeurs de références est délicate.

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

> Cas du dioxyde d'azote (NO₂)

D'après le décret français 2002-213 du 15 février 2002 (réglementation appliquée en métropole), l'objectif de qualité pour le NO₂ est fixé à 40 µg/m³ en moyenne annuelle, tout comme la valeur limite pour la protection de la santé humaine à l'horizon 2010.

Dans le tableau ci-dessous sont indiquées les points de mesures du NO₂ identifiés après correction des résultats comme potentiellement soumis à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité annuel :

N°	Emplacement	Typologie / Zone	NO ₂ (µg/m ³)
14	Rue Iekawe - 6e km	Trafic	43.3
20.2	Echangeur Impérial - 4e km	Trafic	43.7
21	Rd Pt Rabot - Belle Vie	Trafic	44.7
35.1	R. Benebig - Rd Pt Magenta	Trafic	49.2
19	Rd pt papeete - Ducos	Trafic	50.3
37.1	Hôtel de ville - CV	Trafic	50.8
12	Rd-pt Ampère Ducos	Trafic	50.9
42	Av. Foch - Quartier Latin	Trafic	54.9
5	Entrée Ducos voie express	Trafic	55.4
38.2	Rue Benebig - VDC	Trafic	55.8
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	57.1
33	Rd Pt Patch - Centre ville	Trafic	57.6
23	Rd-point Berthelot	Trafic	71.5

Il semble nécessaire d'étudier de façon plus approfondie les concentrations de NO₂ sur ces sites, notamment par des campagnes de mesures à l'aide d'analyseurs automatiques.

> Cas du dioxyde de soufre (SO₂)

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

Pour le SO₂, aucun point n'est touché par un dépassement des valeurs de référence annuelles.

Cependant, on peut noter que certaines valeurs mesurées par échantillonnage passif après correction dépassent la moyenne annuelle 2008 pour la station de Montravel (5 µg/m³). Etant donné que cette station mesure occasionnellement des épisodes de pollution conduisant à des dépassements du seuil d'information et de recommandations pour le SO₂ (300 µg/m³ en moyenne horaire), certains sites, dont les concentrations mesurées par échantillonnage passif se situent au-delà de 5 µg/m³ pourraient

faire l'objet de dépassements des seuils horaires au cours de l'année. Il faut souligner le caractère empirique de cette extrapolation ; qui nécessiterait la mise en place de campagnes de mesures continues pour confirmation.

Les sites concernés sont les suivants :

N°	Emplacement	Typologie / Zone	SO ₂ (µg/m ³)
24.2	Ecole Griscelli - VDT	Industrielle	5.2
16	CHT Raoul Follereau - Ducos	Industrielle	5.2
9.1	Numbo	Industrielle	5.6
49	Motor Pool	Trafic	5.6
38.1	Avenue Victoire - QL	Trafic	5.9
24.3	Rue M. Jones - Haut Magenta	Industrielle	6.2
10.1	Station Logicoop	Industrielle	6.3

A noter que parmi ces sites, celui de l'école Griscelli et de la station de Logicoop ont d'ores et déjà fait l'objet de dépassements du seuil de référence, constatés par des relevés de Scal-Air. Il semble donc cohérent de prévoir des campagnes de mesure spécifiques sur les autres sites pour identifier d'éventuels phénomènes de pollution de pointe.

> cas de l'ozone

Il n'existe pas d'objectif de qualité en moyenne annuelle pour l'ozone. Le seuil de référence est fixé à 120 µg/m³ en moyenne sur 8h. Compte tenu des mesures habituellement réalisées en continu par Scal-Air, il est peu probable que ce seuil soit dépassé. Cependant, au vu de la forte incertitude sur la mesure d'ozone par tubes passifs, il convient de rester prudent. Il serait en effet souhaitable de mettre en œuvre des campagnes de mesures spécifiques sur les points de mesures identifiés comme les plus impactés en moyenne hebdomadaire, pour avoir confirmation de l'absence de pics.

> Situation par rapport au réseau de mesures fixe

Comparativement aux stations fixes du réseau de mesures, cette campagne permet aussi d'identifier d'autres sites potentiellement à surveiller, pour chaque polluant.

Pour le SO₂, seule la station de Logicoop fait partie des sites les plus impactés en moyenne.

En ce qui concerne le NO₂, les échantillonneurs passifs mettent en évidence l'écart considérable entre les sites de fond et ceux de proximité automobile. Or il n'existe pas à l'heure actuelle de surveillance en continu en proximité du trafic.

Enfin, concernant l'ozone, les sites de surveillance actuels ne correspondent probablement pas aux endroits les plus exposés en moyenne.

Par conséquent, les résultats de cette première campagne sont très cohérents avec la typologie des stations de surveillance fixes, à laquelle ils apportent une forme de validation.

- Station de Logicoop : de type industrielle (concentrations en SO₂ relativement importante, faible en NO₂),
- Station de Montravel : urbaine de fond, sous influence du trafic et sous influence industrielle occasionnelle (concentrations faibles mais supérieures aux autres points fixes pour le NO₂),
- station de Faubourg Blanchot : urbaine de fond (très faible en SO₂, faible en O₃ et NO₂),
- station de l'Anse Vata : périurbaine de fond, légère influence industrielle occasionnelle (très faible en NO₂, moyenne en SO₂ et O₃).

Il convient de rappeler l'incertitude importante sur les résultats qui invite à la reconduction de campagnes similaires afin d'approfondir ces constats.

Ces données sont également primordiales afin de bâtir une stratégie cohérente de surveillance de la qualité de l'air, en fonction des types de pollution identifiés et des objectifs de cette surveillance (pollution d'origine routière /industrielle, pollution « de proximité » /globale, etc..).

Conclusions et perspectives

Cette campagne de mesure à une échelle assez large permet de dresser les premiers constats quant à la répartition spatiale de la pollution atmosphérique sur la ville de Nouméa.

Les résultats donnés par les échantillonneurs se sont révélés très cohérents avec les constats faits par Scal-Air depuis 2007 sur cette répartition. Les résultats bruts ont montré des écarts parfois importants avec les mesures de référence des analyseurs. Cependant les mêmes types d'écart sont identifiés dans la littérature, et notamment dans les travaux menés par d'autres réseaux de surveillance. Une recherche bibliographique a permis d'apporter des corrections par intercomparaison. L'incertitude sur ces données est importante et les concentrations ne sont pas directement comparables aux mesures et seuils de référence. Néanmoins, la variabilité des mesures correspond aux phénomènes classiquement mis en évidence et à la typologie des stations de surveillance utilisées quotidiennement par Scal-Air.

Ainsi les notions de traceurs pour chaque polluant sont confirmées, avec une prépondérance du dioxyde de soufre (SO₂) sur les sites en proximité industrielle et du dioxyde d'azote (NO₂) sur les sites en proximité du trafic routier. Les mesures d'ozone (O₃), bien que très incertaines, indiquent une présence préférentielle de ce polluant en périphérie de la ville, à proximité des espaces verts.

Il semble que certaines valeurs cibles et objectifs de qualité puissent potentiellement être dépassés, en particulier pour le dioxyde d'azote à proximité des grands axes de circulation.

Afin de compléter ces premiers constats, il convient de reconduire ce type de campagne ponctuelle à d'autres périodes de l'année, afin de pouvoir notamment apprécier la variabilité saisonnière des niveaux de pollution. Sur la base de cette première campagne, un travail de fiabilisation des mesures par échantillonneurs passifs peut également être engagé, en multipliant par exemple les mesures sur un même site, afin de limiter les écarts et erreurs.

Dans un second temps, il sera pertinent de mener des campagnes ciblées sur certaines zones ou certaines typologies de site, pour affiner les constats et guider la stratégie de surveillance.

Enfin, en multipliant ces campagnes dans le temps, il sera possible de dresser des cartographies précises de la pollution atmosphérique par interpolation et croisement avec des données géostatistiques.

Références bibliographiques

- [1] C. Ranty et al., *Etude d'implantation d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air à Nouméa*, Rapport intermédiaire phases 1 et 2, LECES, Juin 2004
- [2] ADEME, LCSQA, Fédération Atmo. *Échantillonnage passifs pour le dioxyde d'azote. Guide rédigé par le groupe de travail des AASQA*. Paris, 2002
- [3] ADEME. *Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air*. Juin 2002
- [4] Atmo Auvergne. *Campagne de mesure du dioxyde d'azote dans l'agglomération de Clermont-Ferrand*. 2006-2007
- [5] AIRFOBEP. *Mesure des niveaux moyens de dioxyde de soufre de la région de l'ouest des Bouches-du-Rhône*. 2003
- [6] Norme ISO 13752:1998 *Qualité de l'air -- Évaluation de l'incertitude d'une méthode de mesurage sur site en utilisant une seconde méthode comme référence*
- [7] AIR NORMAND. *Évaluation de l'incertitude sur les concentrations de NO₂ mesurées par les tubes à diffusion du fournisseur PASSAM AG*. Avril 2002
- [8] SCAL-AIR. *La qualité de l'air à Nouméa – Bilan 2008*
- [9] AIR NORMAND. *Mesures de qualité de l'air dans la forêt du Madrillet et de La Londe-Rouvray avant la rocade sud de Rouen, du 18/05/04 au 22/03/05*.
- [10] AIR NORMAND. *Rapport d'étude, quelques remarques sur la Norme Iso 13752*. Mars 2002
- [11] NILU (Norwegian Institute for Air Research) ; CETUD (Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar). *Echantillonnage Passif du SO₂ et du NO₂ dans l'air ambiant à Dakar*. Juin 2005
- [12] GWAD'AIR. *Campagne de mesure par tubes passifs dans le cadre de l'implantation d'une station industrielle*. Synthèse. 2005
- [13] ORA. *Évaluation de la qualité de l'air sur la zone aéroportuaire de Rochambeau et sur la commune de Matoury (Guyane Française)*. 2005

Annexes

ANNEXE I : Description des différentes classes ou typologies de point de mesure ¹

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 du type surfacique 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 TMJA (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.

TMJA et distances d'implantation correspondantes :

<1000

1 000 à 3 000 – 10 m

3 000 à 6 000 – 20 m

6 000 à 15 000 – 30 m

15 000 à 40 000 – 40 m

40 000 à 70 000 – 100 m

>70 000 – 200 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.

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.

¹ Source : ADEME. Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air. Juin 2002

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 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.

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.

ANNEXE II: données météorologiques

Jour et heure (locale)	Vent moyen (en noeuds)	Température (en °C)
mercredi 17 - 23h	ESE - 7 kt	20.8
mercredi 17 - 22h	ESE - 8 kt	20.9
mercredi 17 - 21h	ESE - 8 kt	21.1
mercredi 17 - 20h	ESE - 8 kt	21.2
mercredi 17 - 19h	ESE - 8 kt	21.3
mercredi 17 - 18h	ESE - 8 kt	21.2
mercredi 17 - 17h	NE - 5 kt	20.9
mercredi 17 - 16h	VAR - 2 kt	21.2
mercredi 17 - 15h	SE - 5 kt	21.8
mercredi 17 - 14h	ESE - 7 kt	22.9
mercredi 17 - 13h	S - 7 kt	23.1
mercredi 17 - 12h	SE - 5 kt	22.8
mercredi 17 - 11h	VAR - 1 kt	23.6
mercredi 17 - 10h	VAR - 2 kt	22.8
mercredi 17 - 09h	VAR - 2 kt	20.8
mercredi 17 - 08h	N - 8 kt	19.6
mercredi 17 - 07h	VAR - 2 kt	19.5
mercredi 17 - 06h	N - 7 kt	19.5
mercredi 17 - 05h	ONO - 5 kt	19.9
mercredi 17 - 04h	NO - 7 kt	20.2
mercredi 17 - 03h	NNO - 7 kt	20.2
mercredi 17 - 02h	NO - 7 kt	20.3
mercredi 17 - 01h	ONO - 5 kt	20.4
mercredi 17 - 00h	ONO - 5 kt	20.5

Jour et heure (locale)	Vent moyen (en noeuds)	Température (en °C)
jeudi 18 - 23h	NE - 10 kt	19.7
jeudi 18 - 22h	ENE - 13 kt	20.4
jeudi 18 - 21h	ENE - 8 kt	20.4
jeudi 18 - 20h	NE - 13 kt	20.2
jeudi 18 - 19h	NE - 10 kt	20.7
jeudi 18 - 18h	E - 13 kt	21.5
jeudi 18 - 17h	E - 13 kt	21.6
jeudi 18 - 16h	ESE - 13 kt	21.7
jeudi 18 - 15h	ESE - 14 kt	21.9
jeudi 18 - 14h	ESE - 14 kt	22.5
jeudi 18 - 13h	ESE - 13 kt	22.4
jeudi 18 - 12h	ESE - 13 kt	22.5
jeudi 18 - 11h	ESE - 10 kt	22.1
jeudi 18 - 10h	ESE - 10 kt	22.8
jeudi 18 - 09h	ENE - 8 kt	22.1
jeudi 18 - 08h	NE - 7 kt	19.6
jeudi 18 - 07h	NE - 8 kt	17.5
jeudi 18 - 06h	NE - 7 kt	17.7
jeudi 18 - 05h	NE - 7 kt	18
jeudi 18 - 04h	NE - 5 kt	18.4
jeudi 18 - 03h	NE - 7 kt	18.5
jeudi 18 - 02h	NE - 5 kt	19.2
jeudi 18 - 01h	NE - 5 kt	19.7
jeudi 18 - 00h	VAR - 2 kt	20.1

lundi 15 - 23h	NNE - 5 kt	19.4
lundi 15 - 22h	NNE - 5 kt	19.3
lundi 15 - 21h	NNE - 7 kt	19.3
lundi 15 - 20h	NNE - 5 kt	19.6
lundi 15 - 19h	NE - 8 kt	19.7
lundi 15 - 18h	NNE - 8 kt	20.3
lundi 15 - 17h	E - 7 kt	22.1
lundi 15 - 16h	SE - 5 kt	23.1
lundi 15 - 15h	SSE - 7 kt	23.3
lundi 15 - 14h	SSE - 7 kt	24
lundi 15 - 13h	ESE - 7 kt	23.8
lundi 15 - 12h	ESE - 5 kt	23.7
lundi 15 - 11h	VAR - 2 kt	23.5
lundi 15 - 10h	VAR - 2 kt	21.9
lundi 15 - 09h	VAR - 2 kt	20.3
lundi 15 - 08h	NNE - 5 kt	18.3
lundi 15 - 07h	NNO - 8 kt	17.3
lundi 15 - 06h	NNE - 5 kt	16.1
lundi 15 - 05h	NE - 7 kt	16.6
lundi 15 - 04h	ENE - 8 kt	17.3
lundi 15 - 03h	ENE - 8 kt	17.6
lundi 15 - 02h	NE - 10 kt	17.2
lundi 15 - 01h	NE - 8 kt	16.7
lundi 15 - 00h	NE - 8 kt	16.7

mardi 16 - 23h	ONO - 5 kt	20.8
mardi 16 - 22h	ONO - 7 kt	21
mardi 16 - 21h	ONO - 5 kt	21.1
mardi 16 - 20h	ONO - 7 kt	21.5
mardi 16 - 19h	ONO - 5 kt	21.8
mardi 16 - 18h	OSO - 7 kt	22
mardi 16 - 17h	OSO - 8 kt	22.4
mardi 16 - 16h	OSO - 7 kt	23
mardi 16 - 15h	OSO - 7 kt	24.6
mardi 16 - 14h	O - 7 kt	25.3
mardi 16 - 13h	O - 5 kt	24.3
mardi 16 - 12h	SO - 5 kt	23.6
mardi 16 - 11h	OSO - 5 kt	23.1
mardi 16 - 10h	OSO - 5 kt	22.8
mardi 16 - 09h	VAR - 1 kt	21.7
mardi 16 - 08h	NE - 5 kt	20.2
mardi 16 - 07h	NNE - 5 kt	19.1
mardi 16 - 06h	NNE - 7 kt	18.9
mardi 16 - 05h	NNE - 5 kt	18.8
mardi 16 - 04h	NE - 5 kt	19.1
mardi 16 - 03h	NNE - 5 kt	18.9
mardi 16 - 02h	NNE - 7 kt	18.7
mardi 16 - 01h	NE - 7 kt	19.2
mardi 16 - 00h	NNE - 5 kt	19.1

Jour et heure (locale)	Vent moyen (en noeuds)	Température (en °C)
samedi 13 - 23h	NE - 7 kt	17.3
samedi 13 - 22h	NNE - 5 kt	17.8
samedi 13 - 21h	NNE - 5 kt	18.5
samedi 13 - 20h	SE - 7 kt	19.9
samedi 13 - 19h	SE - 7 kt	20.0
samedi 13 - 18h	SE - 7 kt	19.9
samedi 13 - 17h	SSE - 5 kt	20.9
samedi 13 - 16h	SSE - 8 kt	22.0
samedi 13 - 15h	SE - 10 kt	22.4
samedi 13 - 14h	SSE - 7 kt	22.8
samedi 13 - 13h	SE - 8 kt	22.6
samedi 13 - 12h	SE - 8 kt	22.1
samedi 13 - 11h	ESE - 7 kt	22.6
samedi 13 - 10h	E - 7 kt	22.6
samedi 13 - 09h	NE - 5 kt	21.8
samedi 13 - 08h	VAR - 2 kt	20.9
samedi 13 - 07h	VAR - 2 kt	18.9
samedi 13 - 06h	VAR - 1 kt	18.7
samedi 13 - 05h	VAR - 2 kt	18.4
samedi 13 - 04h	NNE - 5 kt	17.7
samedi 13 - 03h	NNE - 7 kt	17.5
samedi 13 - 02h	NNE - 5 kt	17.7
samedi 13 - 01h	NE - 5 kt	18.4
samedi 13 - 00h	VAR - 2 kt	19.1

Jour et heure (locale)	Vent moyen (en noeuds)	Température (en °C)
dimanche 14 - 23h	NE - 8 kt	17
dimanche 14 - 22h	NNE - 7 kt	17.3
dimanche 14 - 21h	NNE - 7 kt	17.7
dimanche 14 - 20h	NE - 7 kt	18.5
dimanche 14 - 19h	E - 7 kt	19.7
dimanche 14 - 18h	ESE - 10 kt	19.9
dimanche 14 - 17h	ESE - 10 kt	20.5
dimanche 14 - 16h	ESE - 8 kt	21.8
dimanche 14 - 15h	ESE - 8 kt	22.4
dimanche 14 - 14h	SE - 7 kt	22.7
dimanche 14 - 13h	SE - 8 kt	22.6
dimanche 14 - 12h	ESE - 8 kt	22.4
dimanche 14 - 11h	ESE - 8 kt	22.4
dimanche 14 - 10h	E - 8 kt	22.2
dimanche 14 - 09h	ENE - 7 kt	21.4
dimanche 14 - 08h	NE - 7 kt	19.2
dimanche 14 - 07h	NE - 8 kt	15.8
dimanche 14 - 06h	NE - 8 kt	15.8
dimanche 14 - 05h	NNE - 7 kt	16.4
dimanche 14 - 04h	NE - 7 kt	16.4
dimanche 14 - 03h	NE - 5 kt	16.9
dimanche 14 - 02h	NE - 7 kt	17.1
dimanche 14 - 01h	NE - 7 kt	16.7
dimanche 14 - 00h	NNE - 7 kt	17.0

jeudi 11 - 23h	NNO - 10 kt	18.2
jeudi 11 - 22h	NO - 14 kt	19.1
jeudi 11 - 21h	NNO - 10 kt	19.1
jeudi 11 - 20h	NO - 10 kt	19.6
jeudi 11 - 19h	NO - 8 kt	20
jeudi 11 - 18h	NNO - 7 kt	20
jeudi 11 - 17h	NO - 7 kt	20.3
jeudi 11 - 16h	O - 7 kt	20.8
jeudi 11 - 15h	SO - 7 kt	21.1
jeudi 11 - 14h	VAR - 2 kt	21.2
jeudi 11 - 13h	N - 7 kt	21
jeudi 11 - 12h	ONO - 7 kt	21.2
jeudi 11 - 11h	ONO - 7 kt	21.2
jeudi 11 - 10h	ONO - 5 kt	21.8
jeudi 11 - 09h	NO - 5 kt	21.4
jeudi 11 - 08h	VAR - 2 kt	21
jeudi 11 - 07h	NNO - 5 kt	20.5
jeudi 11 - 06h	ONO - 7 kt	20.2
jeudi 11 - 05h	ONO - 7 kt	20.3
jeudi 11 - 04h	O - 5 kt	20.2
jeudi 11 - 03h	VAR - 2 kt	20.5
jeudi 11 - 02h	NE - 5 kt	20.2
jeudi 11 - 01h	NE - 5 kt	20.6
jeudi 11 - 00h	NNE - 5 kt	20.4

vendredi 12 - 23h	SSE - 8 kt	19.3
vendredi 12 - 22h	SSE - 10 kt	19.3
vendredi 12 - 21h	OSO - 5 kt	19.1
vendredi 12 - 20h	ENE - 7 kt	19.2
vendredi 12 - 19h	SE - 10 kt	19.2
vendredi 12 - 18h	S - 8 kt	19.0
vendredi 12 - 17h	NE - 5 kt	20.3
vendredi 12 - 16h	ESE - 8 kt	20.7
vendredi 12 - 15h	ESE - 5 kt	19.8
vendredi 12 - 14h	ESE - 5 kt	19.6
vendredi 12 - 13h	SO - 10 kt	20.4
vendredi 12 - 12h	SO - 7 kt	21.1
vendredi 12 - 11h	OSO - 7 kt	21.9
vendredi 12 - 10h	SO - 5 kt	21.5
vendredi 12 - 09h	SSO - 8 kt	21.1
vendredi 12 - 08h	SSE - 5 kt	20.0
vendredi 12 - 07h	NNE - 7 kt	19
vendredi 12 - 06h	NNO - 8 kt	19.9
vendredi 12 - 05h	N - 10 kt	19.4
vendredi 12 - 04h	N - 10 kt	19
vendredi 12 - 03h	NNO - 13 kt	19
vendredi 12 - 02h	N - 10 kt	18.4
vendredi 12 - 01h	NNO - 10 kt	18.1
vendredi 12 - 00h	NO - 10 kt	18.5

Source des données: Météo France

ANNEXE III:



ROSE DES VENTS

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Période 1999-2008 - Mois de JUIN

NOUMEA (988)

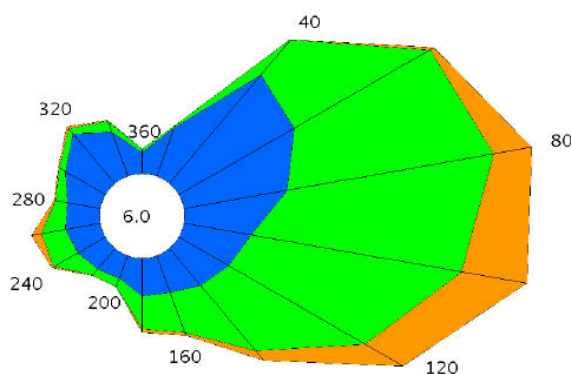
Indicatif : 98818001, alt : 69 m., lat : 22°16'30"S, lon : 166°27'06"E

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure fuseau

Tableau de répartition

Nombre de cas étudiés : 2400
Manquants : 0



Dir.	[1.5;4.5 [	[ 4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	2.1	0.1	0.0	2.3
40	5.9	1.9	+	7.8
60	5.5	6.5	0.2	12.2
80	4.4	8.7	1.6	14.7
100	2.8	8.9	2.8	14.5
120	2.4	6.5	1.8	10.7
140	2.0	3.5	0.5	6.1
160	1.6	1.8	0.1	3.5
180	1.6	1.4	0.1	3.1
200	1.0	0.4	+	1.4
220	1.1	0.3	+	1.5
240	1.3	1.2	+	2.6
260	1.5	1.0	0.4	2.9
280	1.4	0.5	+	2.0
300	1.9	0.3	+	2.2
320	2.7	0.3	0.1	3.1
340	2.0	0.5	+	2.5
360	0.9	0.1	0.0	1.0
Total	42.1	43.9	8.0	94.0
[0;1.5 [				6.0

Groupes de vitesses (m/s)



Pourcentage par direction



Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360°: 90°= Est, 180°= Sud, 270°= Ouest, 360°= Nord

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues, en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO-FRANCE

Direction de la Production
42 avenue Gustave Coriolis 31057 Toulouse Cedex
Fax : 05 61 07 80 79 - Email : climattheque@meteo.fr