



Association Calédonienne de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Mesure de la qualité de l'air à l'école Griscelli
Vallée du Tir – Nouméa
Laboratoire mobile – du 25 mai 2016 au 09 janvier
2017



juin 2019

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.

À 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 : Claire CHERON, Nicolas MARION

- *Intervenants études :*

- Rédaction rapport / coordination : Sylvain GLEYE
- Tiers examens du rapport : Philippe ESCOFFIER
- Approbation finale : Alexandra MALAVAL-CHEVAL

Sommaire

Sommaire	2
Liste des figures	4
Liste des tableaux.....	6
Définitions / Liste des sigles et acronymes utilisés	7
1. Introduction	8
2. Présentation de l'étude.....	9
2.1. Enjeux et objectifs de la campagne	9
2.2. Les différents polluants surveillés	9
2.3. Protocole de mesures.....	10
2.4. Représentativité, valeurs de référence et valeurs cibles	12
2.5. Analyse des métaux au sein des particules fines prélevées.....	14
2.6. Paramètres météorologiques.....	17
2.6.1. Directions et vitesses des vents dominants	17
2.6.2. Températures et pluviométrie	18
3. Résultats et commentaires.....	19
3.1. L'indice de la qualité de l'air durant la campagne.....	19
3.2. Le dioxyde de soufre (SO ₂).....	21
3.2.1. Les niveaux mesurés lors de la campagne.....	21
3.2.2. Influence de la direction des vents.....	22
3.2.3. Influence des émissions de polluant	23
3.2.4. Zoom sur les valeurs de pointe durant la période.....	24
3.3. Le dioxyde d'azote (NO ₂)	27
3.3.1. Les niveaux mesurés par le laboratoire mobile.....	27
3.3.2. Influence de la direction des vents.....	28
3.4. Les particules fines PM10	29
3.4.1. Les niveaux mesurés par le laboratoire mobile.....	29
3.4.2. Influence de la direction des vents.....	30
3.5. Analyse des corrélations entre concentrations en polluants SO ₂ , NO ₂ et PM10	32

3.5.1. Analyse des percentiles	32
3.5.2. Etude de la corrélation par paire de polluants	35
3.6. Les métaux lourds et autres éléments	39
3.6.1. Validation des résultats	39
3.6.2. Moyenne des concentrations en métaux réglementés.....	40
3.6.3. Etudes des concentrations par élément chimique, par série et par catégorie	42
3.6.4. Zoom sur les séries qui ont fait l'objet de signalement de la part du personnel de l'école Griscelli (filtres de la catégorie A).....	45
3.6.5. Etude de corrélation des niveaux de métaux par rapport aux niveaux de dioxyde de soufre et particules fines PM10	46
3.7. Etude des retombées atmosphériques par jauge Owen.....	48
3.7.1. Les retombées atmosphériques insolubles totales	48
3.7.2. Mesure des métaux lourds	50
3.7.3. Granulométrie	52
4. Conclusion	54
5. Annexe	56

Liste des figures

Figure 1 : Préleveur Partisol – site de mesure de l'école Griscelli	10
Figure 2 : Jauges Owen – site de mesure de l'école Griscelli.....	11
Figure 3 : Localisation géographique du site de mesures.....	11
Figure 4 : Photo du laboratoire mobile sur le site de l'école Griscelli	11
Figure 5 : Emission d'origine industrielle (Doniambo), le 21 juin 2016	16
Figure 6 : Rose des vents sur la période d'étude du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017, d'après les données fournies par Météo France.....	17
Figure 7 : Pluviométrie (mm) et température moyenne journalières de l'air (°C) enregistrées à Nouméa du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017, d'après les données fournies par Météo France....	18
Figure 8 : Indices de la qualité de l'air calculés à partir des concentrations en polluants, issues du laboratoire mobile (Ecole Griscelli – Vallée du Tir) du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017.....	19
Figure 9 : Concentrations maximales horaires glissantes sur 15 minutes par jour - SO ₂ (µg/m ³)	21
Figure 10 : Concentrations moyennes journalières - SO ₂ (µg/m ³).....	21
Figure 11 : Rose de pollution par le dioxyde de soufre.....	22
Figure 12 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO ₂ sur le site de l'Ecole Griscelli le dimanche 29 mai 2016	24
Figure 13 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO ₂ sur le site de l'Ecole Griscelli, relevé le dimanche 05 juin 2016	25
Figure 14 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO ₂ sur le site de l'Ecole Griscelli, relevé le lundi 26 septembre 2016	26
Figure 15 : Concentrations maximales horaires glissantes sur 15 minutes par jour - NO ₂ (µg/m ³)	27
Figure 16 : Concentrations moyennes journalières - NO ₂ (µg/m ³).....	27
Figure 17: Rose de pollution par le dioxyde d'azote	28
Figure 18 : Concentrations moyennes journalières en particules PM ₁₀ sur le site de l'Ecole Griscelli.....	30
Figure 19 : Rose de pollution par les poussières fines PM ₁₀ – Concentrations supérieures à 50 µg/m ³	30

Figure 20 : Rose de pollution par les poussières fines PM10 – Concentrations supérieures à 30 µg/m3	30
Figure 21 : représentations graphiques des données ED-XRF en fonction des données ICP-MS avec régression linéaire.....	39
Figure 22 : concentrations en nickel et plomb de fraction PM10 (en µg/m3)	40
Figure 23 : Préleveur Partisol disposé devant le laboratoire mobile – site de l'école Griscelli	41
Figure 24 : concentrations en éléments chimiques, SO2 et PM10	42
Figure 25 : concentrations en vanadium (V), chrome (Cr), manganèse (Mn), fer (Fe), nickel (Ni) , SO2 et PM10	43
Figure 26 : concentrations en nickel (Ni) , SO2 et PM10	44
Figure 27 : Concentrations en métaux vanadium, chrome, manganèse, fer, nickel, zinc, en SO2 et PM10 – Prélèvement relatifs aux dates ayant fait l'objet de signalement par le personnel de l'école Griscelli.....	45
Figure 28 : retombées insolubles totales (en mg/m2/j)	48
Figure 29 : pourcentage des particules en volume en fonction de leurs diamètres	52
Figure 30 : pourcentage des particules en nombre en fonction de leurs diamètres	53
Figure 31 : représentation graphique de l'intercomparaison des filtres analysés à la fois par méthode ED-XRF et ICP-MS, avec formule d'équivalence	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux de représentativité de la campagne de mesures par polluants.....	12
Tableau 2 : Normes de qualité de l'air par polluant	13
Tableau 3 : Normes de qualité de l'air pour les métaux	13
Tableau 4 : Valeurs de référence en métaux et en poussières totales dans les retombées atmosphériques.....	13
Tableau 5 : Définition des 5 catégories de critères permettant de caractériser 5 situations d'exposition à la pollution atmosphérique.....	15
Tableau 6 : valeurs des percentiles 75, 90 et 98 pour les polluants mesurés par le laboratoire mobile lors de la campagne de mesure.....	32
Tableau 7 : Graphiques radiaux du triplet SO ₂ , NO ₂ et PM ₁₀	33
Tableau 8 : Etude de corrélation de la paire SO ₂ /NO ₂	36
Tableau 9 : Etude de corrélation de la paire SO ₂ /PM ₁₀	37
Tableau 10 : Etude de corrélation de la paire PM ₁₀ /NO ₂	38
Tableau 11 : représentations graphiques des données de concentrations en éléments chimiques en fonction des concentrations en SO ₂ (colonne de gauche) et PM ₁₀ (colonne de droite), avec régressions linéaires	46
Tableau 12 : comparaison des niveaux de métaux aux valeurs de référence	50

Définitions / Liste des sigles et acronymes utilisés

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramme par mètre cube ($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g}$)
Air ambiant	Air extérieur de la troposphère, à l'exclusion des lieux de travail tels que définis à l'article R. 4211-2 du code du travail
AV	Station de mesure de l'Anse Vata
DV	Direction de vent
FB	Station de mesure du Faubourg Blanchot
LGC	Station de mesure de Logicoop
m	Mètre
m/s	Mètre par seconde
MF	Météo France
MTR	Station de mesure de Montravel
NO_2	Dioxyde d'azote
NO_x	Oxydes d'azote
Objectif de qualité	Niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble
PM10	Particules fines en suspension dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à $10 \mu\text{m}$
PM2.5	Particules fines en suspension dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à $2.5 \mu\text{m}$
Seuil d'alerte	Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesure d'urgence
Seuil d'information et de recommandation	Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions
SO_2	Dioxyde de soufre
Valeur cible	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné
Valeur limite	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixée sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble
BTS	Fioul basse teneur en soufre, dont la teneur en soufre est inférieure à 2%
TBTS	Fioul très basse teneur en soufre, dont la teneur en soufre est inférieure à 1%
Percentile 98 (ou centile)	Valeur pour laquelle 98% des données d'une série statistique sont inférieures ou égales
VV	Vitesse du vent

1. Introduction

Scal'Air assure le suivi de la qualité de l'air à Nouméa depuis 2007. Seules les réglementations provinciales des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) fixent des prescriptions applicables à la surveillance de la qualité de l'air autour de certains sites industriels. En l'absence de réglementation générale locale en matière de qualité de l'air, le dispositif de surveillance de Scal'Air se base sur les réglementations européennes.

Depuis 2009, le réseau de mesures est complété par une station dite « mobile » qui est positionnée dans des zones ne faisant pas l'objet d'une surveillance en continu. Cette station ou laboratoire mobile se présente sous la forme d'une remorque de taille comparable à celle d'une station fixe de mesures.

En mai 2016, suite à plusieurs plaintes du personnel enseignant de l'école Griscelli de la Vallée du Tir ayant subi d'importantes nuisances liées aux fumées issues de la centrale thermique de Doniambo, le laboratoire mobile a été installé dans le but de diagnostiquer et de suivre l'évolution de la qualité de l'air dans le cadre d'une campagne de mesure de plusieurs mois.

Le site a également été équipé d'un préleveur automatique de particules fines PM10 pour l'analyse des métaux dans l'air ambiant, ainsi que d'un dispositif de collecte des retombées atmosphériques totales.

Cette étude a également pour objectif de mieux connaître les contributions des différents secteurs d'émissions de poussières, notamment celles provenant de l'activité industrielle, des véhicules (diesel notamment) et celles en lien avec d'autres sources comme les feux de biomasse ou les poussières naturelles.

2. Présentation de l'étude

2.1. Enjeux et objectifs de la campagne

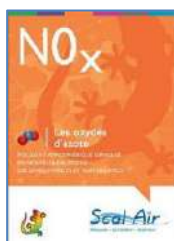
Cette étude fait suite à plusieurs plaintes du personnel enseignant de l'école Griscelli de la Vallée du Tir ayant subi d'importantes nuisances liées aux fumées issues de la centrale thermique de Doniambo au cours du mois de mai 2016.

Après une première investigation, le Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie a sollicité Scal'Air pour la réalisation d'un suivi de la qualité de l'air, avec pour objectifs de :

- Mesurer les niveaux de pollution atmosphériques pendant la période hivernale dont les conditions météorologiques favorisent la dispersion des émissions industrielle vers le quartier de la Vallée du Tir, notamment dans le cas de nuisance(s) ressentie(s) par le personnel de l'école et les écoliers ;
- Surveiller la qualité de l'air et alerter de façon préventive en cas d'épisode de pollution ;
- Evaluer l'exposition des usagers de l'école Griscelli pendant la période de mesure par rapport aux seuils de référence réglementaire pour l'air ambiant.

2.2. Les différents polluants surveillés

Les polluants mesurés par le laboratoire mobile sont les mêmes que ceux mesurés sur le réseau fixe de surveillance : le dioxyde de soufre (SO_2), le dioxyde d'azote (NO_2), les particules fines PM_{10} ($\leq 10 \mu\text{m}$) et les métaux lourds (ML).



Pour plus d'informations sur les polluants (origines, effets sur la santé et l'environnement,...), consultez les fiches polluants disponibles sur le site internet www.scalair.nc ou en cliquant directement sur les images pour le format numérique.

2.3. Protocole de mesures

Emplacement du laboratoire mobile : à l'entrée de l'école Griscelli, dans la zone de stationnement située à proximité immédiate de la cour de récréation.

Caractéristiques : le site de mesure est de typologie urbaine sous influence industrielle. Il fait l'objet d'une surveillance continue pour le dioxyde de soufre depuis 2011 du fait de sa proximité avec les cheminées de la centrale thermique de Doniambo situées à environ 500 m de l'école à vol d'oiseau. Le laboratoire mobile vient compléter cette surveillance par la mesure des NOx, particules fines PM10, métaux lourds et retombées de poussières totales.

La mesure des métaux lourds est assurée par des prélèvements journaliers et hebdomadaires de particules fines PM10 (préleveur Partisol - figure 1). L'analyse des métaux se fait par la suite en laboratoire¹.



**Figure 1 : Préleveur Partisol
- site de mesure de l'école
Griscelli**

¹ Cf partie 2.5. Analyse des métaux au sein des particules fines prélevées. p.14

Les retombées atmosphériques totales sont collectées par un dispositif de type Jauge Owen.

Ce dispositif de prélèvement, basé sur la norme NF X 43-014, est composé d'un récipient cylindrique en plastique d'une contenance de 25 litres, surmonté d'un entonnoir. Une grille, posée sur l'ensemble, empêche l'entrée de macro-particules (i.e. feuilles, insectes) et un plastique noir entoure le récipient de récupération pour limiter la formation d'algues due à la lumière du soleil.

Ce collecteur permet de récupérer les retombées solubles, dissoutes dans l'eau de pluie collectée, et non soluble, sur la surface interne de l'entonnoir et dans l'eau de pluie récoltée qui y entrent de façon gravitaire.

La quantité de dépôt recueillie dépend des facteurs météorologiques, comme les précipitations qui lessivent l'atmosphère et rabattent les particules au niveau du sol ou le vent qui favorise la remise en suspension de poussières à partir du sol.



Figure 2 : Jauges Owen - site de mesure de l'école Griscelli

Période de mesure : 25 mai 2016 au 09 janvier 2017.



Figure 3 : Localisation géographique du site de mesures



Figure 4 : Photo du laboratoire mobile sur le site de l'école Griscelli

2.4. Représentativité, valeurs de référence et valeurs cibles

La directive 2008/50/CE impose une période de mesures minimum de 14% de l'année (soit huit semaines ou 56 jours) pour comparer les résultats d'une campagne aux valeurs de références annuelles issues de la réglementation et ainsi considérer la mesure comme représentative.

Les conditions nécessaires pour effectuer cette comparaison sont une mesure aléatoire par semaine, répartie uniformément sur l'année, ou 8 semaines réparties uniformément sur l'année.

La présente campagne s'étend sur 230 jours de mesures, soit 33 semaines, donc la période de mesures minimale est validée. On considère que le critère de répartition sur l'année est également rempli du fait que la campagne s'étend sur une période couvrant les 2 types de conditions saisonnières rencontrés en Nouvelle-Calédonie.

À ce titre, la comparaison aux objectifs de qualité, valeurs cibles ou valeurs limites annuelles a été réalisée.

Les taux de fonctionnement présentés dans le tableau ci-dessous correspondent aux pourcentages de bon fonctionnement des appareils de mesures. Ils sont calculés en utilisant les valeurs horaires pour chaque polluant.

Tableau 1 : Taux de représentativité de la campagne de mesures par polluants

Polluant	SO ₂	NO ₂	PM10
Taux de représentativité (%)	92.5	92.6	91.7

Les règles et recommandations relatives à la validation des données imposent un taux de fonctionnement au moins égal à 75%. En l'occurrence, le laboratoire mobile a fourni 81.3% de données valides permettant une exploitation statistique cohérente des données obtenues.

Pour le dioxyde de soufre et les PM10, les valeurs de référence décrites dans l'arrêté 11387-2009/ARR/DIMENC sont identiques à celles définies par les réglementations européennes et métropolitaines. Les tableaux suivants présentent les valeurs de référence retenues par Scal'Air pour le suivi de la qualité de l'air.

Tableau 2 : Normes de qualité de l'air par polluant

Polluants	Seuil d'information/ recommandation	Seuil d'alerte	Valeur limite	Objectif de qualité
SO ₂	<u>En moyenne horaire :</u>	<u>En moyenne horaire sur 3 heures consécutives</u>	<u>En moyenne journalière :</u> 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.	<u>En moyenne annuelle :</u>
	300 µg/m ³	500 µg/m ³	<u>En moyenne horaire :</u> 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	50 µg/m ³
NO ₂	<u>En moyenne horaire :</u>	<u>En moyenne horaire</u>	<u>En moyenne horaire :</u>	<u>En moyenne annuelle :</u>
	200 µg/m ³	400 µg/m ³	200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	40 µg/m ³ .
PM10	<u>En moyenne journalière :</u>	<u>En moyenne journalière :</u>	<u>En moyenne annuelle civile :</u>	<u>En moyenne annuelle civile :</u>
	50 µg/m ³	80 µg/m ³	40 µg/m ³ . <u>En moyenne journalière :</u> 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	30 µg/m ³

Tableau 3 : Normes de qualité de l'air pour les métaux

Polluants	Valeur cible	Seuil d'Evaluation Supérieur (SES)	Seuil d'Evaluation Inférieur (SEI)
Nickel	20 ng/m ³	14 ng/m ³	10 ng/m ³
Plomb	0.5 µg/m ³	0.35 µg/m ³	0.25 µg/m ³
Cadmium	5 ng/m ³	3 ng/m ³	2 ng/m ³
Arsenic	6 ng/m ³	3.6 ng/m ³	2.4 ng/m ³

Tableau 4 : Valeurs de référence en métaux et en poussières totales dans les retombées atmosphériques

Polluants	Valeurs limites (µg/m ² /jour)	Règlementation de référence
Zinc (Zn)	400	Valeur limite suisse Norme allemande TA LUFT 2002
Arsenic (As)	4	
Plomb (Pb)	100	
Cadmium (Cd)	2	
Nickel (Ni)	15	
Mercure (Hg)	1	
Poussières totales	350 mg/m ² /jour	

2.5. Analyse des métaux au sein des particules fines prélevées

La mesure des concentrations en métaux contenus dans les particules fines PM10 permet de les comparer aux valeurs annuelles de références.

La mesure des métaux se fait par prélèvement actif des poussières fines PM10 sur filtre via un appareil de type PARTISOL.

Au total, 74 prélèvements journaliers et 19 prélèvements hebdomadaires ont été réalisés sur une période de 6 mois, de juin à décembre 2016.

Un panel de 15 éléments dont 11 métaux ont fait l'objet de mesures au cours de la campagne : nickel (Ni), vanadium (V), chrome (Cr), zinc (Zn), Fer (Fe), Manganèse (Mn), soufre (S), cuivre (Cu), plomb (Pb), potassium (K), calcium (Ca), titane (Ti), chlore (Cl), arsenic (As), et cadmium (Cd).

L'analyse des métaux sur filtre a combiné deux méthodes de mesure :

- La méthode ED-XFP en partenariat avec l'Université de Keio au Japon
- La méthode de référence ICP-MS proposée par un laboratoire accrédité COFRAC en métropole.

L'avantage de la méthode ED-XFP est multiple :

- Analyse rapide d'un ensemble d'éléments importants
- Technique non destructrice du filtre permettant d'effectuer d'autre(s) type(s) d'analyse(s) à postériori.
- Une très bonne corrélation par rapport à la méthode de référence ICP-MS²
- Un faible coût.

Ainsi, la totalité des filtres ont été analysés par méthode ED-XRF et une sélection de 10 filtres ont été analysés à postériori par ICP-MS dans le but de s'assurer de la qualité des analyses ED-XRF.

Notons que hormis le nickel, aucun élément traceur type ou spécifique de l'activité industrielle n'a été identifié. Le vanadium est vraisemblablement présent dans les fumées issues de la centrale thermique mais nous ne savons pas si c'est un élément discriminant par rapport au trafic routier.

² SCAL'AIR. Etude comparative des préleveurs ACCU / SWAM / Partisol et des méthodes d'analyse ICP-MS / XRF. 2013

Notons également l'absence d'éléments traceurs spécifiques du trafic routier et des phénomènes de combustion du bois ou des déchets verts.

Les filtres ont été classés selon différents critères :

- les conditions de vents rencontrées durant les périodes de prélèvement sous la forme de rose des vents journalières ou hebdomadaires.
- la couleur des filtres : une échelle de couleur a été déclinée pour pouvoir distinguer les différentes nuances de gris caractérisant les filtres après prélèvements des poussières. Une échelle de valeur a été arbitrairement attribuée à la couleur du filtre, allant de 1 à 5, le 1 étant gris clair et 5 gris foncé.
- les données du questionnaire sanitaire de la DASS renseigné par le personnel enseignants et les élèves de l'école Griscelli au cours du mois de juillet 2016.

Par la suite, les filtres ont été classés selon 5 catégories (A, B, C, D et E) présentant une combinaison des trois critères précédents (Tableau 5 ci-après).

Tableau 5 : Définition des 5 catégories de critères permettant de caractériser 5 situations d'exposition à la pollution atmosphérique

Situations		
	(vent / couleur filtre / nuisance E.G.)	Hypothèses
A	<ul style="list-style-type: none"> - Vents d'ouest ou variables - Filtres couleur gris foncé - Nuisance E.G. 	Témoin positif d'une pollution d'origines industrielle/trafic routier
B	<ul style="list-style-type: none"> - Vents d'ouest ou variables - Filtre couleur gris foncé - Pas de nuisance E.G. 	Témoin positif d'une pollution d'origines industrielle/trafic routier
C	<ul style="list-style-type: none"> - Vents d'est - Filtres couleur gris foncé - pas de nuisance E.G. 	Témoin positif d'une pollution d'origine naturelle/feu de bois/déchets vert/autres sources...

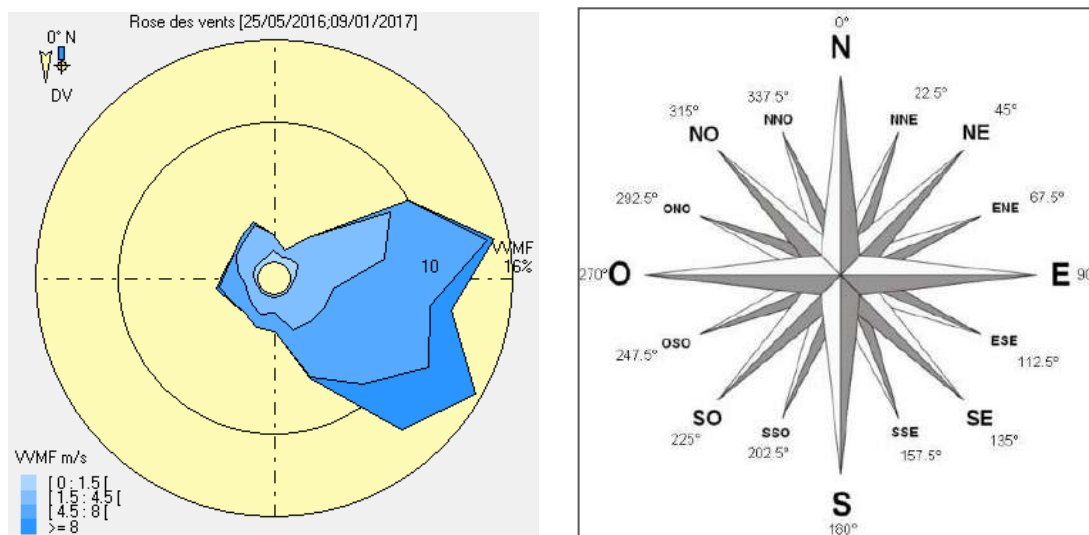
D	<ul style="list-style-type: none"> - Vents d'est - Filtres couleur gris clair - Pas de nuisance E.G. 	Témoin négatif avec une pollution atmosphérique de fond faible
E	<ul style="list-style-type: none"> - Vents d'ouest - Filtres couleur gris clair - Pas de nuisance E.G. 	Témoin négatif avec une pollution atmosphérique de fond faible



Figure 5 : Emission d'origine industrielle (Doniambo), le 21 juin 2016

2.6. Paramètres météorologiques

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



2.6.1. Directions et vitesses des vents dominants

Les vents ont été majoritairement de secteurs est/sud-est à est/nord-est durant la campagne de mesure, avec des passages selon des secteurs nord-ouest à sud-ouest représentant environ 10% du temps.

Les vents faibles à moyens, de 0 à 4.5 m/s représentent une part important des vents, d'environ 47.1%. Les vents ont été moyens à forts, 4.5 à 8 m/s, pendant 42% du temps.

Ces conditions ont favorisé la dispersion des émissions industrielle de Doniambo vers les presqu'îles de Nouville et Ducos principalement, puis vers les quartiers centraux de la ville dont la Vallée du Tir ponctuellement, pendant une vingtaine de jour sur la durée de la campagne.

La présence à la fois de vents faibles et forts a favorisé deux types de situation :

- La dispersion des émissions selon un panache de fumée relativement étroit ;
- L'accumulation des polluants à proximité de leur zone d'émission, touchant ainsi une zone plus large.

2.6.2. Températures et pluviométrie

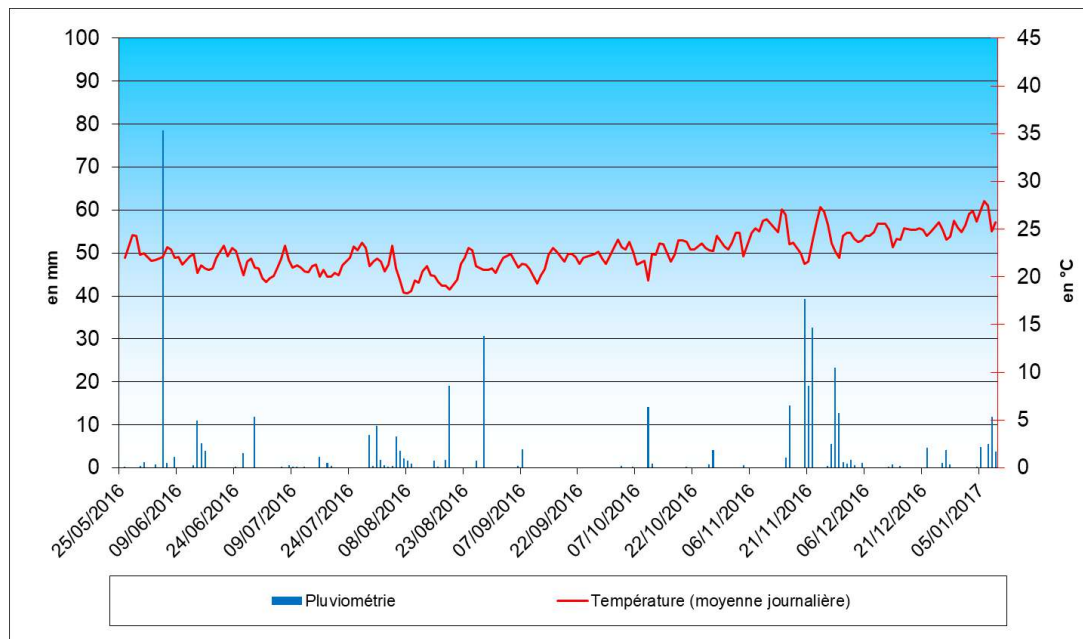


Figure 7 : Pluviométrie (mm) et température moyenne journalières de l'air (°C) enregistrées à Nouméa du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017, d'après les données fournies par Météo France

La période d'étude contient les deux types de conditions saisonnières rencontrées à l'échelle de l'année : la saison fraîche de juin à septembre 2016 et la saison chaude d'octobre 2016 à janvier 2017.

Les températures ont atteint leur minima en août et leur maxima en janvier.

De manière générale, les précipitations ont été plus fréquentes en novembre et décembre.

Les précipitations, par lessivage de l'atmosphère, favorisent la retombée des particules en suspension sur le sol et donc la diminution des niveaux de pollutions dans l'air ambiant.

3. Résultats et commentaires

3.1. L'indice de la qualité de l'air durant la campagne

Les indices de qualité de l'air (IQA) par station sont calculés sur chaque station fixe de mesures disposant d'au moins trois paramètres surveillés en continu (SO₂, NO₂, PM10). Ces indices, calculés et diffusés quotidiennement, vont de 1 à 10, soit de très bons à très mauvais.

Ces indices sont représentatifs de la pollution la plus élevée de la journée, dans la zone surveillée, à laquelle la population est susceptible d'être exposée.

Le calcul des IQA a été effectué à partir des données issues du laboratoire mobile lors de la campagne de mesures réalisée à l'école Griscelli. Le diagramme suivant présente les proportions de ces indices.

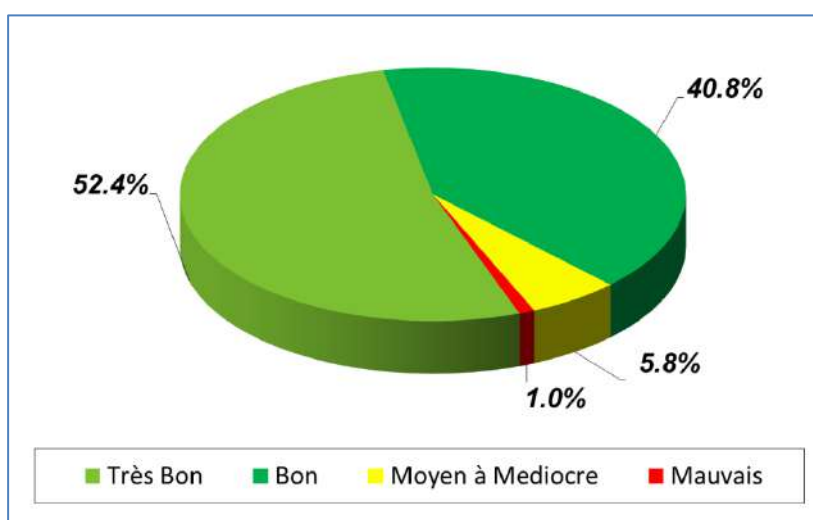


Figure 8 : Indices de la qualité de l'air calculés à partir des concentrations en polluants, issues du laboratoire mobile (Ecole Griscelli - Vallée du Tir) du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017

D'après la figure 4, les indices de la qualité de l'air ont été majoritairement bons à très bons. Ces indices représentent 93.2 % du temps de la campagne.

La part d'indices moyens à médiocres s'élève à 5.8 % et celle des indices mauvais à 1%.

La part des indices moyens à mauvais de 6.8% est relativement proche de la proportion des vents de secteurs nord-ouest à sud-ouest (10 %) sur la période d'étude.

Sur les 14 jours concernés par des indices moyens à mauvais (indices compris entre 5 et 9), 5 jours sont directement liés à la présence de dioxyde de soufre et 9 jours liés à la présence de poussières fines PM10.

Le dioxyde de soufre provient très majoritairement de la centrale thermique de Doniambo et les poussières fines sont d'origines variées, principalement d'origines industrielle et routière si l'on considère la typologie et l'environnement immédiat du point de mesure.

Dans les conditions de vents d'ouest, ces indices témoignent de l'impact de l'activité industrielle et dans une mesure qu'il est difficilement quantifiable en l'absence de traceur spécifique, de celui du trafic routier.

3.2. Le dioxyde de soufre (SO₂)



Le SO₂ provient essentiellement de l'activité des centrales thermiques, des grosses installations de combustion industrielles et dans une moindre mesure du trafic routier. Sur l'agglomération de Nouméa, l'activité industrielle de l'usine de Doniambo en est la principale source.

3.2.1. Les niveaux mesurés lors de la campagne

Les données de concentrations en dioxyde de soufre sont disponibles tous les quarts d'heure.

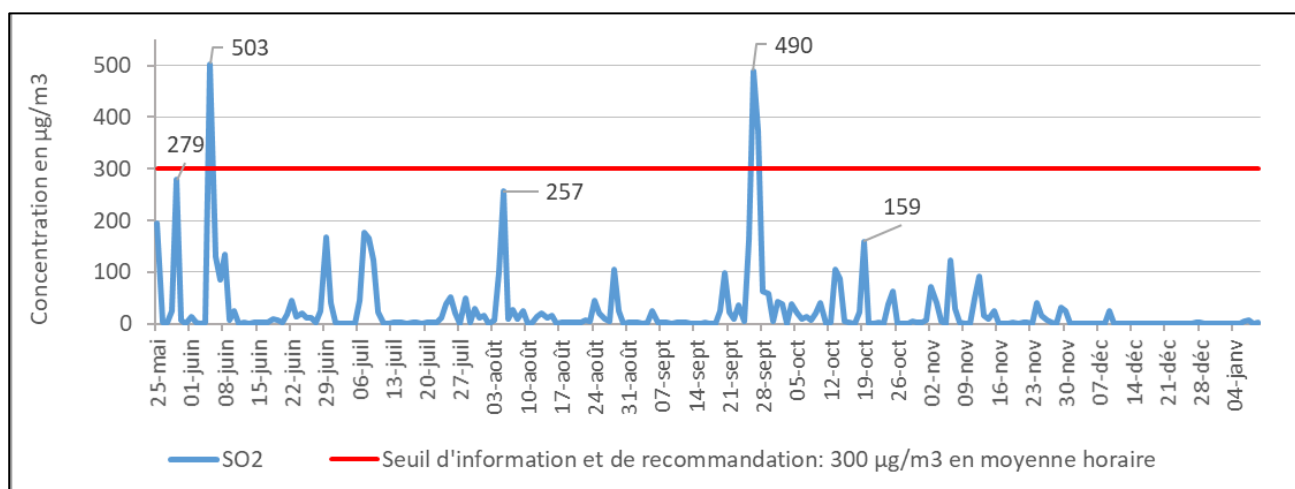


Figure 9 : Concentrations maximales horaires glissantes sur 15 minutes par jour - SO₂ (µg/m³)

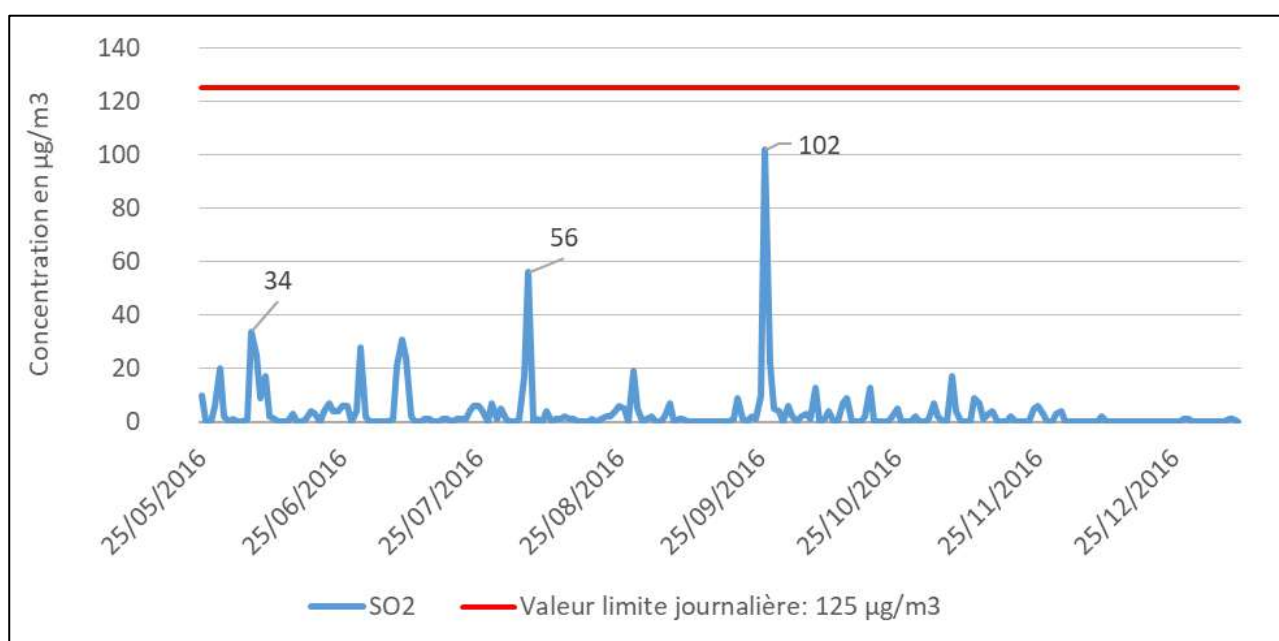


Figure 10 : Concentrations moyennes journalières - SO₂ (µg/m³)

La valeur maximale horaire glissante sur 15 minutes la plus élevée est de 503 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mesurée le 05 juin 2016, journée au cours de laquelle des vents moyens (4.6 à 6 m/s) et de secteurs nord-ouest à ouest/nord-ouest ont été observés.

Le seuil d'information horaire, fixé à 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé 6 fois durant la période d'étude, ainsi que la valeur limite horaire fixée à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (à ne pas dépasser plus de 24h/an).

La moyenne journalière maximale de 102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, atteinte le 26 septembre 2016, reste en dessous de la valeur limite journalière fixée à 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La moyenne sur la période de mesure reste faible avec une valeur de 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2.2. Influence de la direction des vents

La rose de pollution permet de corréler graphiquement les paramètres de concentration en polluant et de direction / vitesse des vents.

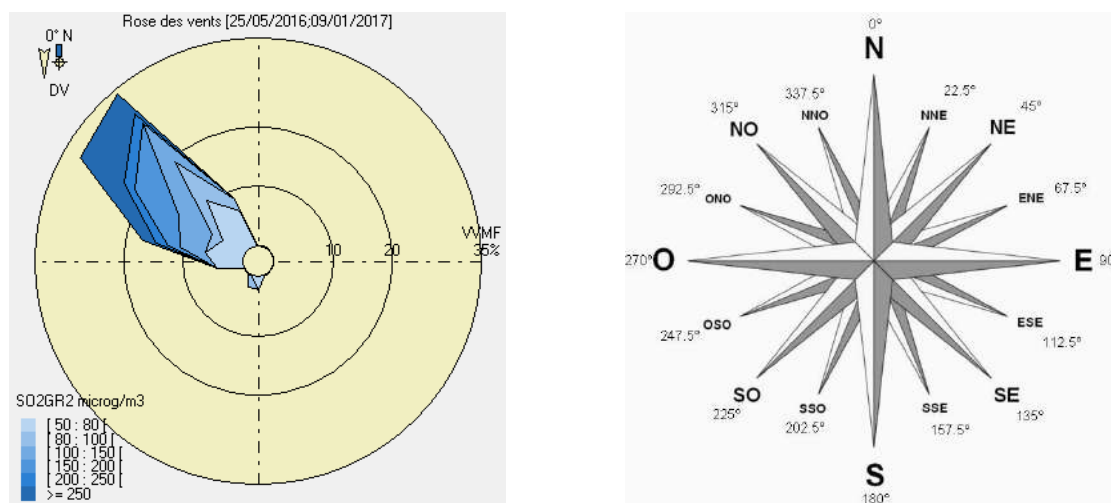


Figure 11 : Rose de pollution par le dioxyde de soufre

Les concentrations de SO_2 sont essentiellement corrélées à des vents de secteurs ouest/nord-ouest à nord-ouest, ce qui confirme l'origine industrielle du dioxyde de soufre, la centrale thermique de Doniambo étant située selon une direction d'environ 300 degrés par rapport au site de mesure.

3.2.3. Influence des émissions de polluant

La variabilité des émissions de la centrale thermique influence directement les concentrations en dioxyde de soufre mesurées dans l'air ambiant.

Au cours de la campagne de mesure du 25/05/2016 au 09/01/2017, d'après les données fournies par l'industriel, la consommation de fioul TBTS a été de 99 460 m³ correspondant à une émission d'environ 1884 tonnes de dioxyde de soufre.

La consommation de fioul BTS a été de 121 655 m³, soit une émission d'environ 4690 tonnes de dioxyde de soufre sur la période d'étude.

L'utilisation de fioul TBTS permet de diminuer les niveaux de SO₂ mesurés dans l'air ambiant, notamment dans des conditions de vents participant à la dispersion des émissions vers les quartiers centraux de la ville.

3.2.4. Zoom sur les valeurs de pointe durant la période

3.2.5.1. Zoom sur la valeur de pointe du 29 mai 2016

Le laboratoire mobile a mesuré une valeur de pointe en dioxyde de soufre le 29 mai 2016 (figure 10).

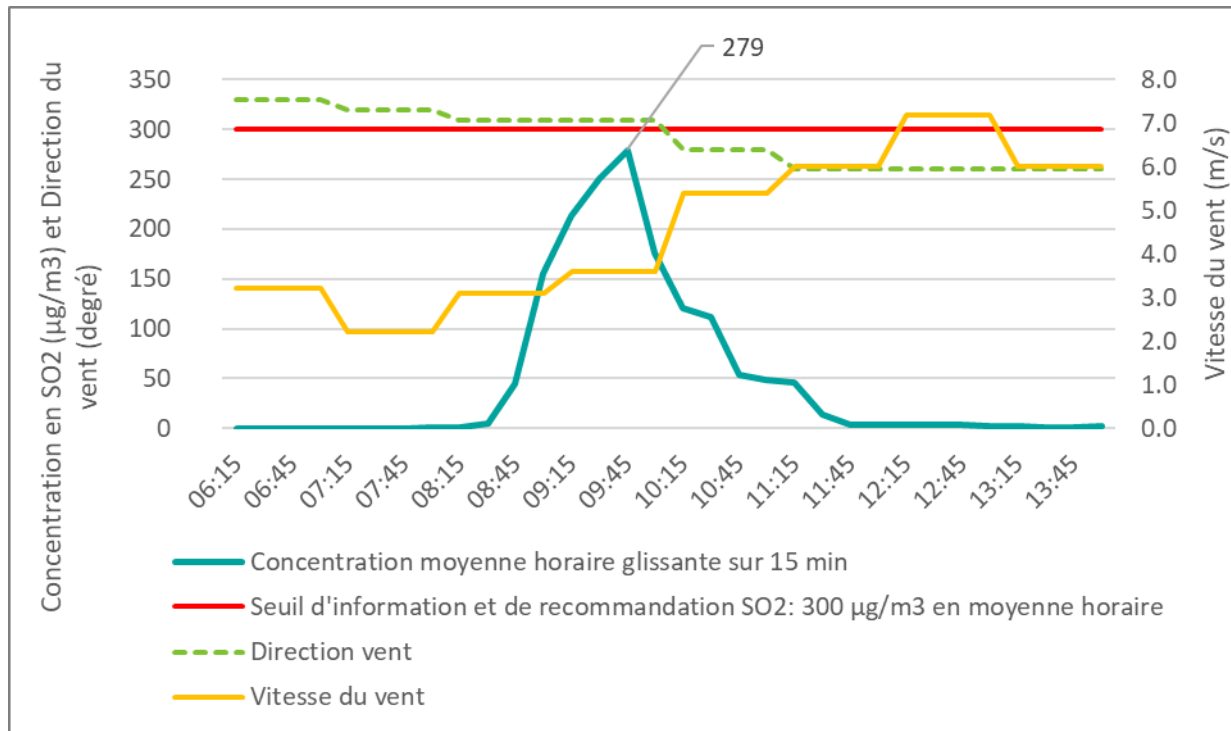


Figure 12 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO_2 sur le site de l'École Griscelli le dimanche 29 mai 2016

La valeur atteinte de $279 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est le premier max horaire journalier significatif de la campagne de mesure.

Cette valeur reste en dessous du seuil d'information horaire dont la valeur est de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

3.2.5.2. Zoom sur la valeur de pointe du 5 juin 2016

Un double pic a été enregistré le 05 juin 2016 par le laboratoire mobile.

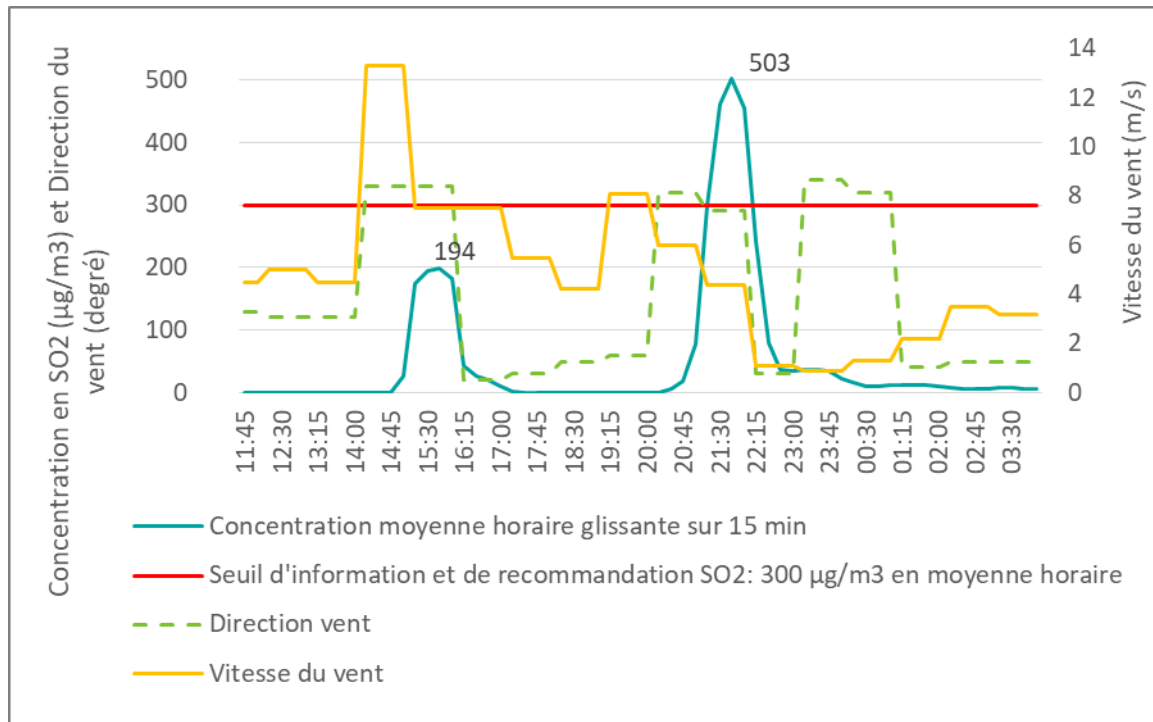


Figure 13 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO₂ sur le site de l'École Griscelli, relevé le dimanche 05 juin 2016

La valeur maximale horaire de 503 µg/m³ a été atteinte à 21h45 dans des conditions de vents de secteurs nord-ouest à ouest/nord-ouest.

3.2.5.3. Zoom sur les valeurs de pointe du 26 septembre 2016

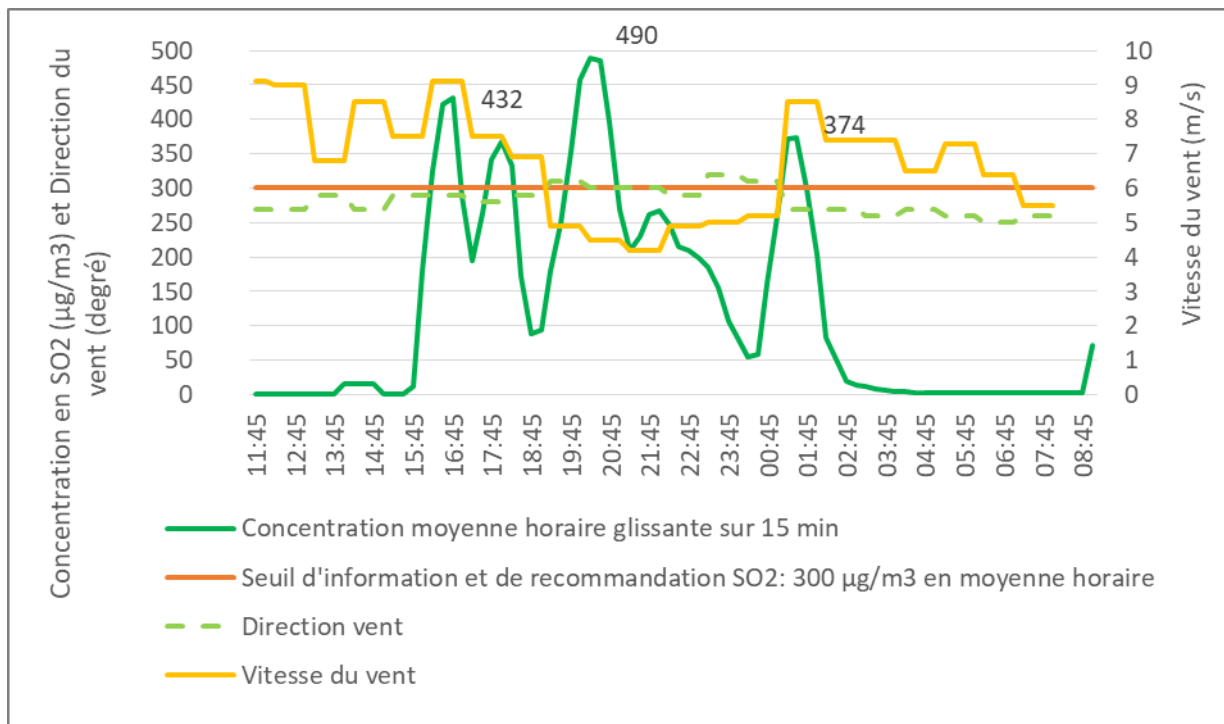


Figure 14 : Concentration moyenne maximale horaires glissante sur 15 min en SO₂ sur le site de l'École Griscelli, relevé le lundi 26 septembre 2016

Au cours des journées du 26 et 27 septembre, 5 dépassements du seuil d'information par le dioxyde de soufre ont été mesurés, dans des conditions de vents moyens à forts, de secteurs ouest à ouest/nord-ouest, avec une valeur maximale horaire de 490 µg/m³.

C'est également au cours de la journée du 26 septembre que la valeur journalière maximale de 102 µg/m³ a été mesurée.

3.3. Le dioxyde d'azote (NO₂)



Le dioxyde d'azote est un polluant caractéristique des émissions d'origines routières. Le NO₂ est également lié à l'activité industrielle, notamment aux émissions de la centrale thermique de Doniambo.

3.3.1. Les niveaux mesurés par le laboratoire mobile

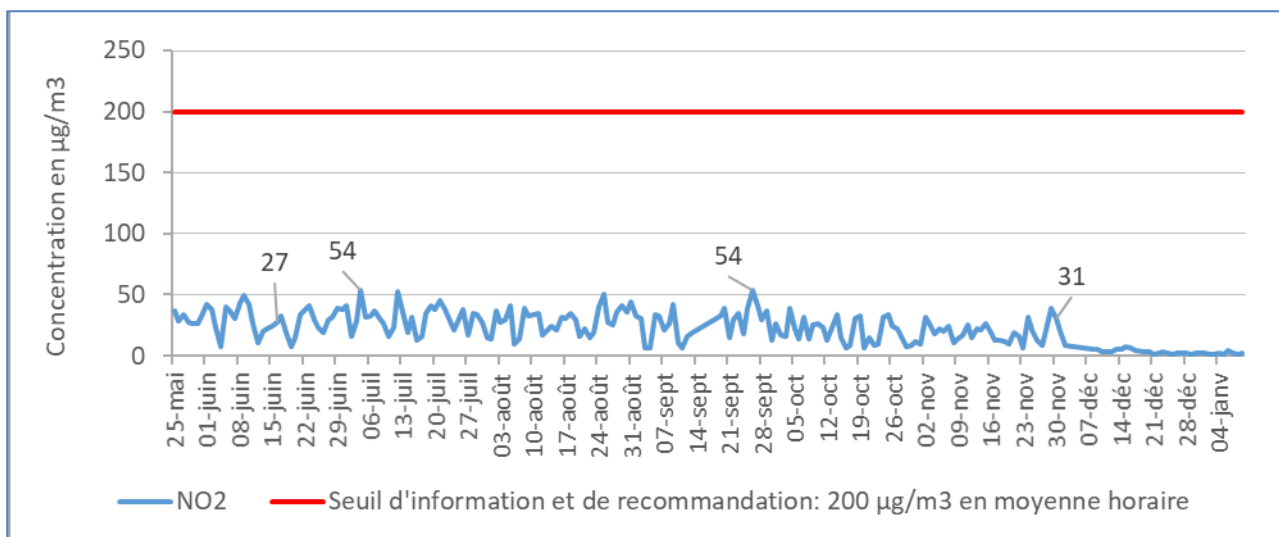


Figure 15 : Concentrations maximales horaires glissantes sur 15 minutes par jour - NO₂ (µg/m³)

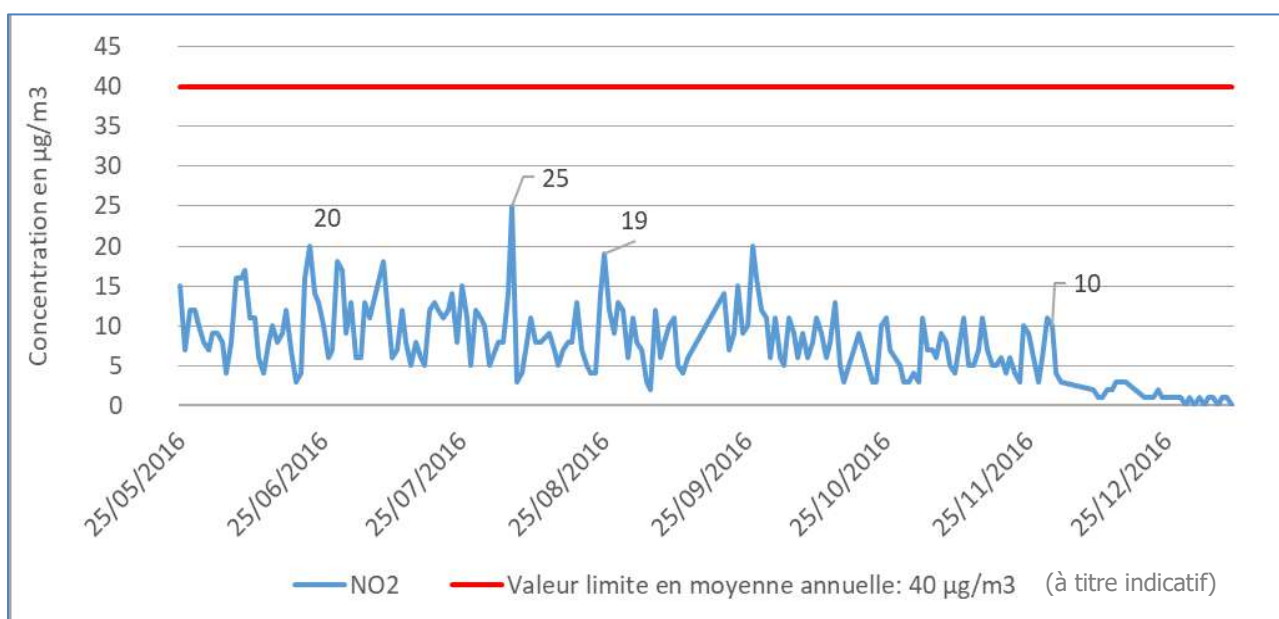


Figure 16 : Concentrations moyennes journalières - NO₂ (µg/m³)

Avec une moyenne de 8 µg/m³ sur la durée de la campagne, l'objectif de qualité annuel, fixé à 40 µg/m³ pour le NO₂, est largement respecté.

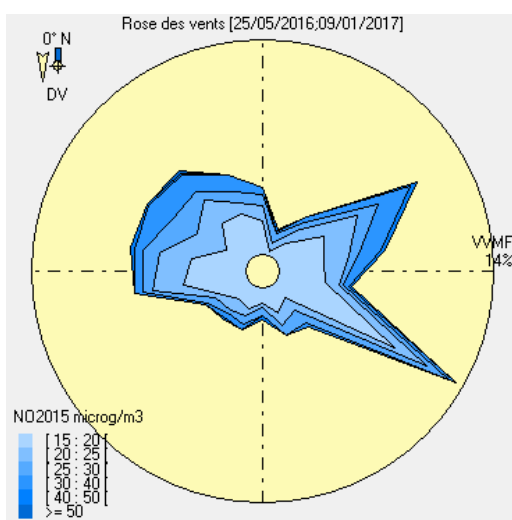
Le seuil de recommandation et d'information fixé à 200 µg/m³ n'a pas fait l'objet de dépassement. En effet, la moyenne horaire maximale de 54 µg/m³ a été atteinte les 04 juillet et 26 septembre 2016.

Notons que les valeurs maximales horaires et journalières en SO₂ et PM10 ont également été relevées ce même 26 septembre. Ceci atteste d'une origine industrielle commune des trois polluants, auxquels s'ajoute probablement une contribution routière pour le NO₂ et les PM10.

Avec une moyenne de 8 µg/m³ sur la période de la campagne, le site de l'école Griscelli témoigne de concentrations de fond légèrement plus élevées qu'en site urbain (5 µg/m³ à Montravel et 6 µg/m³ au Faubourg Blanchot en 2016) et moins élevées qu'en site trafic routier (21 µg/m³ rue Gallieni en 2014³ et 24 µg/m³ au niveau de la VDO⁴ en 2017).

La valeur journalière maximale de 25 µg/m³ a été atteinte le 5 août 2016.

3.3.2. Influence de la direction des vents



Les concentrations horaires en dioxyde d'azote supérieures à 15 µg/m³ ont été mesurées dans le cas de vents de secteurs variables laissant apparaître trois directions privilégiées :

- Ouest à nord : 28.4 % des situations
- Nord-est à est/nord-est : 14.1 % des situations
- Est/sud-est : 13.6 % des situations.

Figure 17: Rose de pollution par le dioxyde d'azote

³ SCAL-AIR. Mesure de la qualité de l'air à proximité d'un axe routier - rue Gallieni- Nouméa - Laboratoire Mobile. 2014

⁴ Rapport en cours de rédaction.

Etant donnée la situation géographique du site de mesures, le secteur de vents d'ouest à nord indiquent vraisemblablement une origine industrielle et routière du NO₂ (centrale thermique de Doniambo et Voie de Dégagement Ouest).

Pour les deux autres secteurs de vents, les sources ne sont à ce jour pas clairement identifiées, aucun émetteur évident n'ayant été répertorié dans la zone d'étude. Les émissions de NO₂ peuvent à priori provenir des brûlages de biomasse alentour notamment au niveau du quartier de Montravel dans des cas de vent de nord-est à est/nord-est et également des gaz d'échappement des véhicules de service pouvant fonctionner à côté du laboratoire mobile dans le cadre des livraisons ou des transports scolaires, le laboratoire mobile étant placé sur le parking de l'école.



3.4. Les particules fines PM10

À Nouméa, le site de l'école Griscelli est très proche des sources de poussières fines d'origine industrielle (Doniambo) et routière (VDO), émises par la centrale thermique, par l'usine de traitement des minerais de nickel et par les automobiles circulant sur la voirie qui comptabilisent entre cinquante et soixante mille véhicule par jour.

3.4.1. Les niveaux mesurés par le laboratoire mobile

La valeur limite journalière des PM10 fixée à 50 µg/m³ (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) a été dépassée une fois, le 26 septembre 2016.

La valeur moyenne sur la durée de la campagne, de 15 µg/m³, correspond au niveau de fond en PM10 mesurés sur l'agglomération de Nouméa à l'échelle de l'année et respecte l'objectif de qualité annuel de 30 µg/m³.

Ainsi, les niveaux de PM10 mesurés au cours de la campagne respectent les normes en vigueur. Toutefois, avec une recommandation OMS fixée à 20 µg/m³ en moyenne annuelle, ces niveaux restent à surveiller.

Hormis le dépassement du seuil d'information du 26 septembre, on observe régulièrement des niveaux de pointe journaliers de l'ordre de 25 à 40 µg/m³ au cours de la campagne.

Au total, les 19 valeurs journalières supérieures à 25 µg/m³ ont été mesurées, dans des conditions de vents faibles et variables ou dans des conditions de vent d'ouest, avec la présence de dioxyde de soufre attestant en partie de l'origine industrielle des particules.

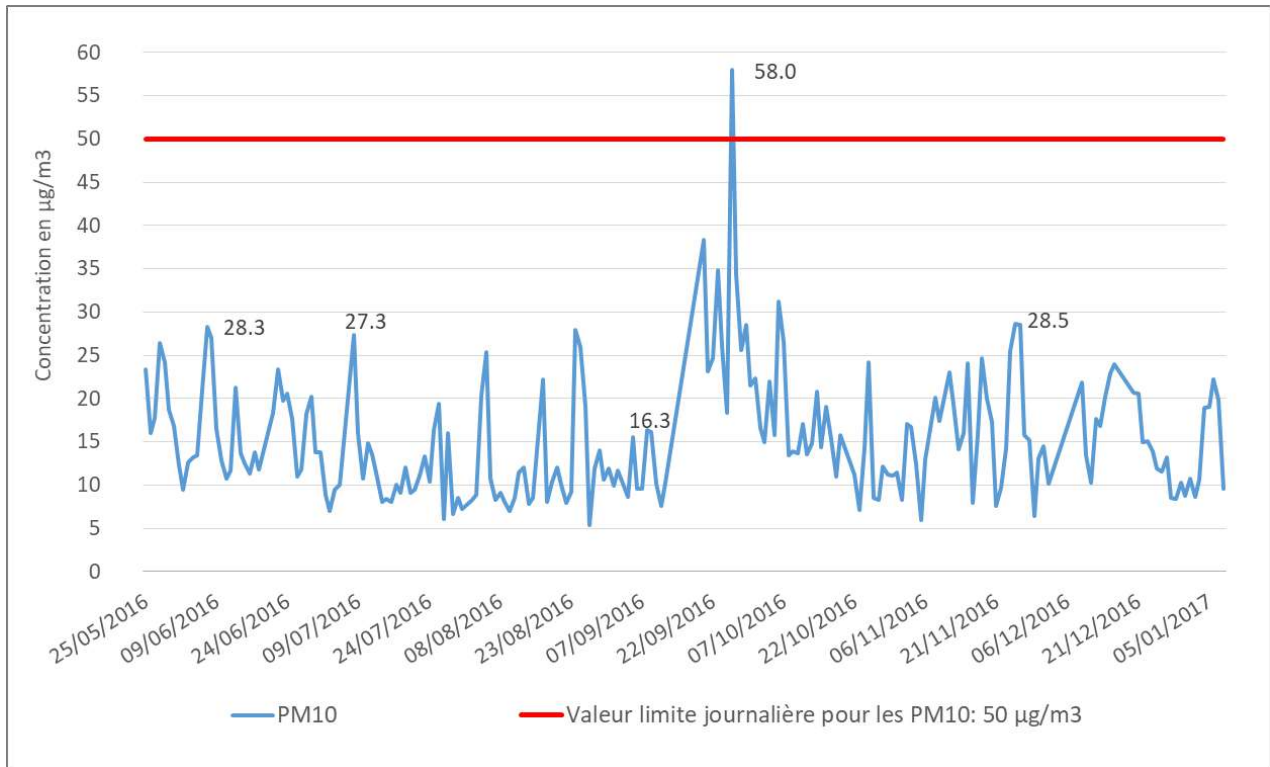


Figure 18 : Concentrations moyennes journalières en particules PM10 sur le site de l’Ecole Griscelli

3.4.2. Influence de la direction des vents

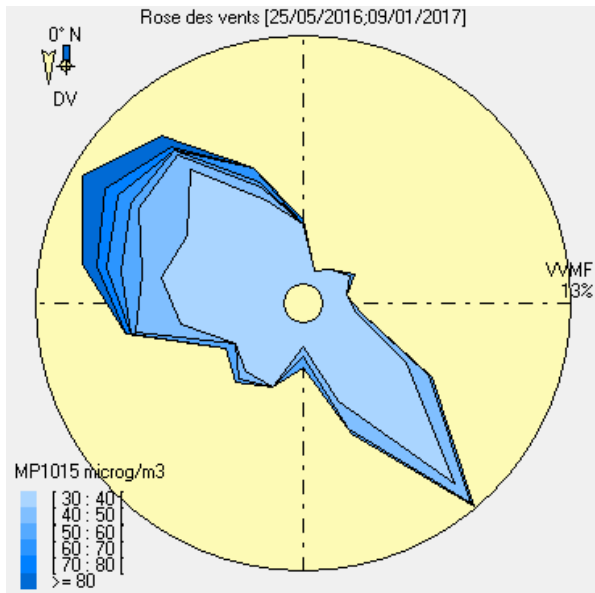


Figure 20 : Rose de pollution par les poussières fines PM10 - Concentrations supérieures à 30 µg/m³

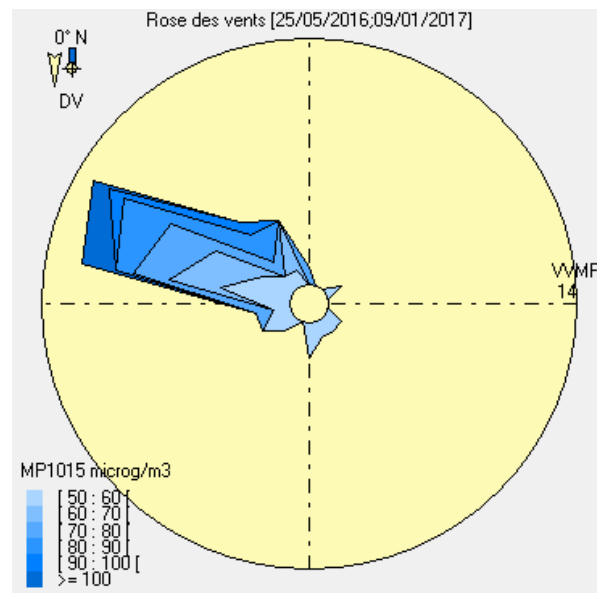


Figure 19 : Rose de pollution par les poussières fines PM10 - Concentrations supérieures à 50 µg/m³

Les concentrations horaires en poussières fines supérieures à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées dans le cas de deux grands secteurs de vents :

- Ouest à nord/nord-ouest : 42.1% des situations
- Sud-est : 12.9 % des situations

Pour les concentrations supérieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire, correspondant davantage aux pics de pollution, le secteur de vent ouest à nord/nord-ouest compile la majorité des situations avec 65.3 %.

D'après la situation géographique du site, les concentrations de pointe en poussières fines proviennent très majoritairement de sources situées à l'ouest du site de mesure, correspondant à la zone industrielle de Doniambo et à la voie de dégagement Ouest.

3.5. Analyse des corrélations entre concentrations en polluants SO₂, NO₂ et PM10

3.5.1. Analyse des percentiles

Du fait du contexte multi-sources en dioxyde d'azote et particules fines PM10 sur la zone d'étude lié à la proximité du site industriel de Doniambo et de la Voie de Dégagement Ouest notamment, cette partie vise à évaluer la contribution des sources industrielles par rapport aux autre(s) source(s) potentielle(s) de NO₂ et PM10 (trafic routier, brûlage ...).

Pour cela, nous proposons d'analyser, dans différentes gammes de concentrations, la corrélation existante entre des niveaux de pointe en dioxyde de soufre, dioxyde d'azote et particule fines PM10. Il s'agit d'utiliser des outils graphiques et statistiques permettant d'évaluer et de visualiser les éventuelles corrélations.

Les niveaux faibles à très faibles mesurés représentant plus de 75% de la durée de la campagne, ainsi nous proposons d'étudier les valeurs situées au-dessus de la valeur du percentile 75.

Une déclinaison sera également réalisée en percentile 90 et percentile 98.

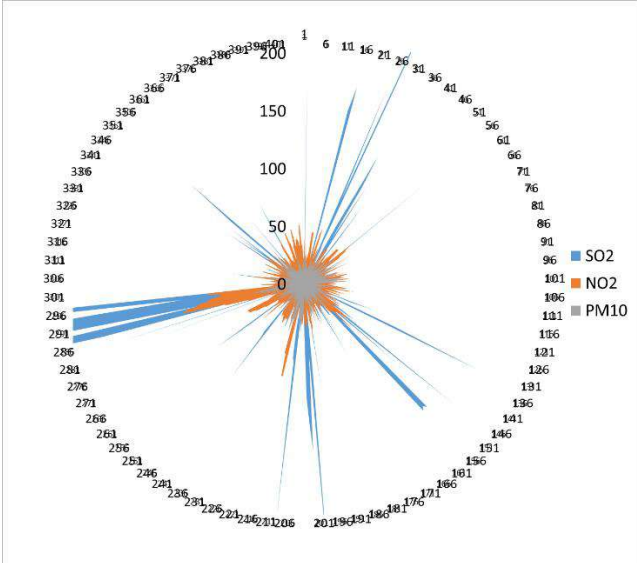
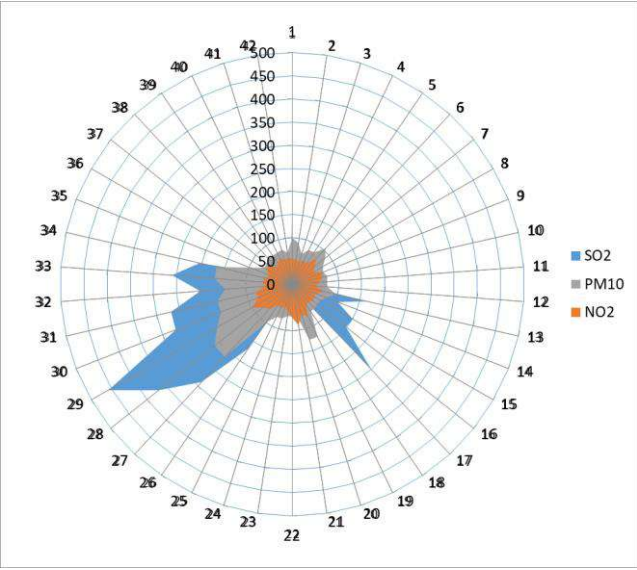
Cela signifie que nous étudions uniquement les concentrations en polluants situées au-dessus des valeurs des percentiles pour chaque polluant.

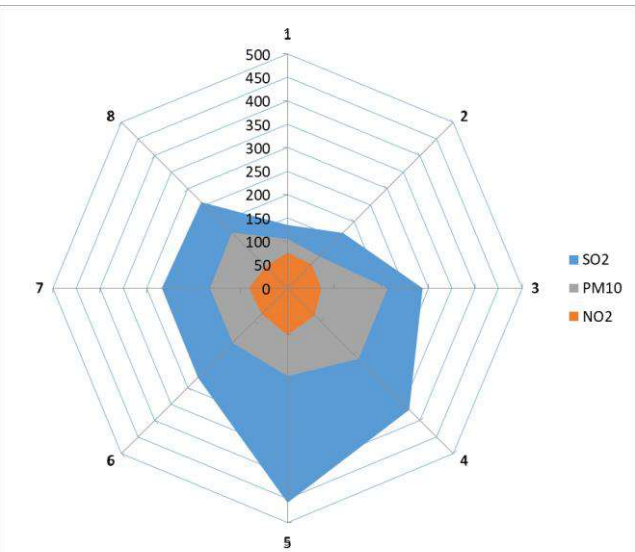
Cette façon de faire permet d'analyser le comportement des polluants entre eux pour différentes gammes de concentrations de pointes, c'est-à-dire les 25% (P75), les 10% (P90) et les 2% (P98) des valeurs les plus élevées lors de la campagne de mesure.

Tableau 6 : valeurs des percentiles 75, 90 et 98 pour les polluants mesurés par le laboratoire mobile lors de la campagne de mesure

	SO ₂	NO ₂	PM10
P75	1	10	19
P90	5	18	29
P98	36	30	40

Tableau 7 : Graphiques radiaux du triplet SO₂, NO₂ et PM10

<p style="text-align: center;">P75</p> 	<p>Pour les concentrations situées au-dessus des valeurs du P75, on observe la présence de hausses simultanées de concentrations en SO₂ et PM10. Cependant le nombre important de valeur ne permet pas de visualiser distinctement les corrélations.</p>
<p style="text-align: center;">P90</p> 	<p>Pour les concentrations situées au-dessus des valeurs du P90, on observe une nette corrélation entre les trois polluant SO₂, NO₂ et PM10 pour les séries 26 à 34, pour lesquelles les concentrations en SO₂, NO₂ et PM10 affichent les valeurs de pointes les plus élevées. En effet, les concentrations évoluent de la même manière (hausse pour les trois polluants). Cela signifie que le NO₂ et les PM10 sont associés à du SO₂, polluant traceur de l'activité industrielle.</p> <p>On observe également des concentrations de pointe en NO₂ et PM10 moins élevées décorrélées de la présence du SO₂ (séries 1 à 8 et 19 à 22), signe d'une pollution majoritairement indépendante de l'activité industrielle de Doniambo, de type trafic routier ou autre, qui pourrait aussi contenir une fraction de poussières de minerais de nickel par retombée, dans le cas de vent très faible.</p> <p>Enfin, on observe également quelques valeurs de pointe en SO₂ pour lesquelles nous n'observons pas de pic de NO₂ et PM10 (série 13 à 17), signe d'une pollution d'origine</p>

	industrielle (centrale thermique) moins « chargée » en NO ₂ et PM10.
<p style="text-align: center;">P98</p> 	<p>Pour les concentrations situées au-dessus des valeurs du P98, on observe une nette corrélation entre les trois polluants SO₂, NO₂ et PM10 : les concentrations évoluent de la même manière et dans des proportions relativement stables. Cela signifie que pour les 2% des valeurs les plus fortes, le NO₂ et les PM10 sont systématiquement associés à du SO₂, élément traceur de l'activité industrielle.</p>

3.5.2. Etude de la corrélation par paire de polluants

Le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre d'origine industrielle proviennent majoritairement des mêmes cheminées : celles de la centrale thermique de Doniambo.

Ainsi, on émet les hypothèses suivantes :

- La présence de dioxyde de soufre lorsque du dioxyde d'azote est détecté atteste de l'origine industrielle commune des deux polluants ;
- Plus les concentrations en dioxyde de soufre sont élevées plus l'origine industrielle du NO₂ est prépondérante ;
- Moins les concentrations en dioxyde de soufre sont élevées moins l'origine industrielle du NO₂ est prépondérante, celui-ci pouvant provenir du trafic routier, de brûlage alentour, etc.

Pour les particules fines PM10 d'origine industrielle, celles-ci proviennent à la fois des cheminées de la centrale thermique commune aux émissions de dioxyde de soufre, mais également aux ateliers et émissions diffuses de l'usine de Doniambo, relatifs au traitement du minerai de nickel. Cela ajoute un biais géographique en raison des écarts de distances existant entre les différentes cheminées et les différentes sources d'émissions diffuses de poussières.

Pour autant, nous proposons de prendre les mêmes hypothèses que pour le dioxyde d'azote :

- La présence de dioxyde de soufre lorsque des particules fines PM10 sont détectées atteste de l'origine industrielle commune des deux polluants ;
- Plus les concentrations en dioxyde de soufre sont élevées plus l'origine industrielle des particules fines PM10 est prépondérante ;
- Moins les concentrations en dioxyde de soufre sont élevées moins l'origine industrielle des particules fines PM10 est prépondérante, celles-ci pouvant provenir du trafic routier, de brûlage alentour, etc.

Signalons que ces hypothèses visent avant tout à apporter des éléments de compréhension aux phénomènes complexes observés du fait du caractère multi-sources très marqués du dioxyde d'azote et des particules fines PM10 sur le site de mesure. A noter que, ces hypothèses ne permettent pas de dissocier les particules fines PM10 provenant de la centrale thermique de celles provenant de l'usine de nickel du fait de leur situation géographique très proche.

A ce titre, les hypothèses témoignent de fortes incertitudes qu'il s'agit de considérer dans l'interprétation des résultats.

Tableau 8 : Etude de corrélation de la paire SO₂/NO₂

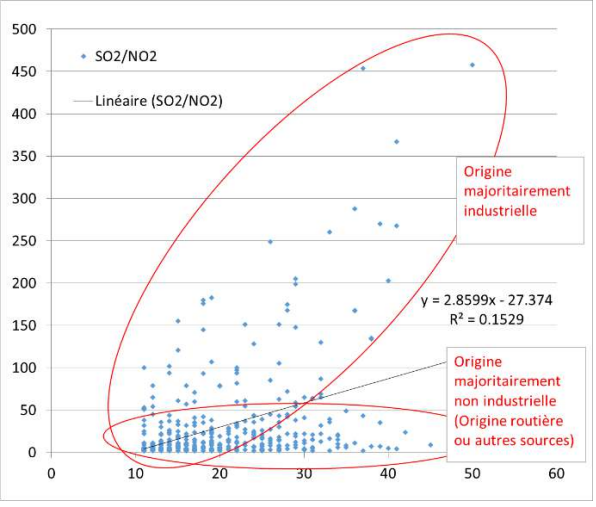
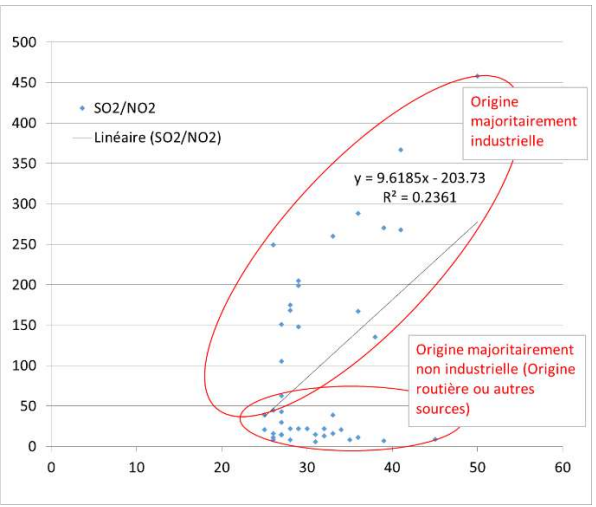
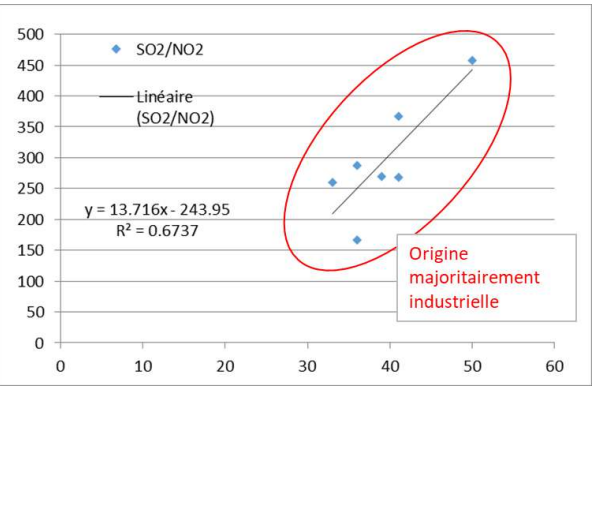
<p>P75</p> 	<p>On observe deux formes de nuage de points, l'un avec de fortes concentrations en dioxyde de soufre associées à une origine industrielle du NO₂ et l'autre à des concentrations faibles en SO₂, vraisemblablement associées à une origine majoritairement non industrielle, routière notamment.</p> <p>La zone commune des deux nuages semble associer du dioxyde d'azote à la fois d'origine industrielle et routière (ou provenant d'autres sources non industrielles) dans des proportions inconnues.</p>
<p>P90</p> 	<p>Pour les valeurs situées au-dessus du percentile 90, on observe la même tendance qu'avec le percentile 75, avec deux nuages de points néanmoins plus distinctes.</p>
<p>P98</p> 	<p>Pour les valeurs situées au-dessus du percentile 98, seuls quelques points du nuage à dominance d'origine industrielle apparaissent.</p> <p>Cela signifie que pour les 2% des valeurs en dioxyde de soufre et dioxyde d'azote les plus élevées, l'origine industrielle du dioxyde d'azote prédomine.</p> <p>On observe que la corrélation SO₂/NO₂ est d'autant plus grande que les concentrations sont élevées, avec des coefficients R² de 0.15, 0.23 et 0.67 respectivement pour les graphiques P75, P90 et P98.</p>

Tableau 9 : Etude de corrélation de la paire SO₂/PM10

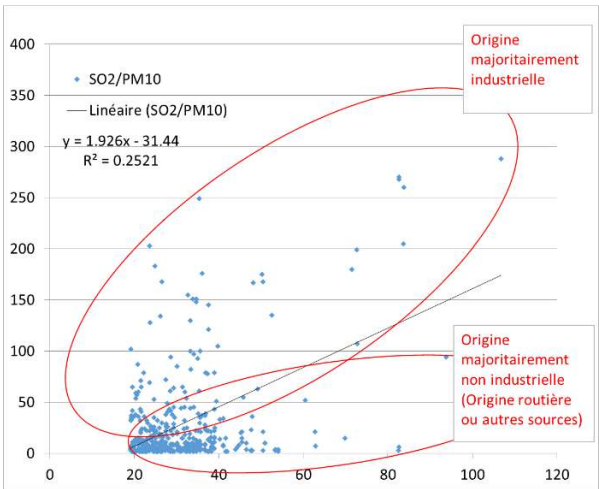
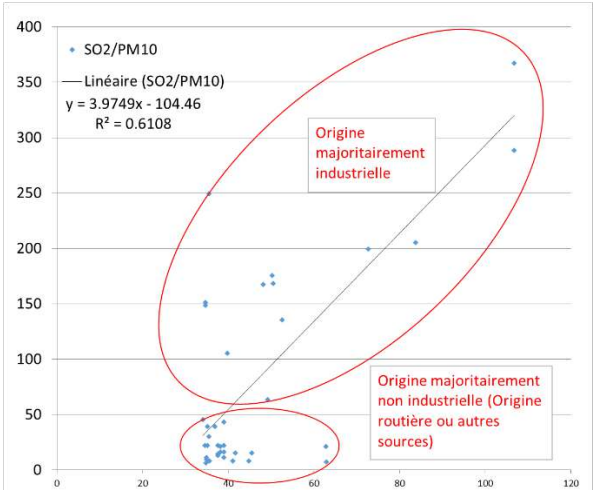
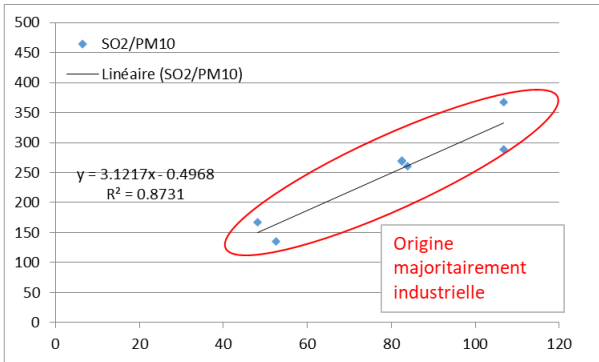
<p>P75</p>  <p>SO₂/PM10</p> <p>Linéaire (SO₂/PM10)</p> <p>$y = 1.926x - 31.44$</p> <p>$R^2 = 0.2521$</p> <p>Origine majoritairement industrielle</p> <p>Origine majoritairement non industrielle (Origine routière ou autres sources)</p>	<p>Tout comme pour la paire SO₂/NO₂, on observe deux formes de nuage de points, l'un avec de fortes concentrations en dioxyde de soufre associées à une origine industrielle des PM10 et l'autre à des concentrations faibles en SO₂, vraisemblablement associées à une origine majoritairement non industrielle, routière notamment.</p> <p>La zone commune des deux nuages semble associer des PM10 à la fois d'origine industrielle et routière (ou provenant d'autres sources non industrielles) dans des proportions inconnues.</p>
<p>P90</p>  <p>SO₂/PM10</p> <p>Linéaire (SO₂/PM10)</p> <p>$y = 3.9749x - 104.46$</p> <p>$R^2 = 0.6108$</p> <p>Origine majoritairement industrielle</p> <p>Origine majoritairement non industrielle (Origine routière ou autres sources)</p>	<p>Pour les valeurs situées au-dessus du percentile 90, on observe également la même tendance qu'avec le percentile 75, avec deux nuages de points plus distinctes.</p>
<p>P98</p>  <p>SO₂/PM10</p> <p>Linéaire (SO₂/PM10)</p> <p>$y = 3.1217x - 0.4968$</p> <p>$R^2 = 0.8731$</p> <p>Origine majoritairement industrielle</p>	<p>Pour les valeurs situées au-dessus du percentile 98, seules les points du nuage à dominance d'origine industrielles apparaissent.</p> <p>Cela signifie que pour les 2% des valeurs en dioxyde de soufre et PM10 les plus élevées, l'origine industrielle des PM10 prédomine.</p> <p>On observe que la corrélation SO₂/PM10 est d'autant plus grande que les concentrations sont élevées, avec des coefficients R² de 0.25, 0.61 et 0.87 respectivement pour les graphiques P75, P90 et P98.</p>

Tableau 10 : Etude de corrélation de la paire PM10/NO₂

<p>P75</p> 	<p>La paire PM10/NO₂ issue des valeurs supérieures au percentile 75 semblent être faiblement corrélées.</p> <p>Le nuage de point n'affiche pas de direction privilégiée.</p> <p>Les concentrations de pointe en NO₂ sont à la fois associée aux concentrations de pointe en PM10 mais également à des concentrations faibles en PM10.</p>
<p>P90</p> 	<p>Pour les valeurs supérieures au percentile 90, le nuage de point reste diffus, avec une direction globalement croissante, c'est-à-dire que les concentrations en NO₂ augmentent globalement avec l'augmentation des concentrations en PM10.</p> <p>Le NO₂ et les PM10 étant toutes deux multi-sources, ce comportement traduit l'augmentation simultanée de concentration liées à des émissions pouvant être à la fois d'origines industrielle, routière et provenant d'autre(s) source(s) potentielles.</p>
<p>P98</p> 	<p>Le même type de nuage que le graphique P90 est observé pour les valeurs supérieures au percentile 98.</p>

3.6. Les métaux lourds et autres éléments

3.6.1. Validation des résultats

Afin de valider les données issues de la méthode d'analyse ED-XRF, une double analyse avec ICP-MS, cette dernière étant la méthode de référence pour la mesure des métaux, a été menée sur une sélection de 10 séries temporelles couvrant 6 éléments : nickel, plomb, manganèse, vanadium, zinc et chrome.

L'ensemble des éléments affichent de très bonne corrélation avec un coefficient R2 compris entre 0.74 et 0.99.

Parmi les 6 éléments testés, 3 montrent un comportement compris entre les enveloppes supérieures et inférieures à 15% de la valeur obtenue par la méthode de référence ICP-MS : nickel, vanadium et zinc.

Pour les autres éléments : deux éléments affichent des concentrations ED-XRF supérieures à l'ICP-MS, le plomb et le manganèse, et un élément dont les concentrations ED-XRF sont inférieures à l'ICP-MS, le chrome.

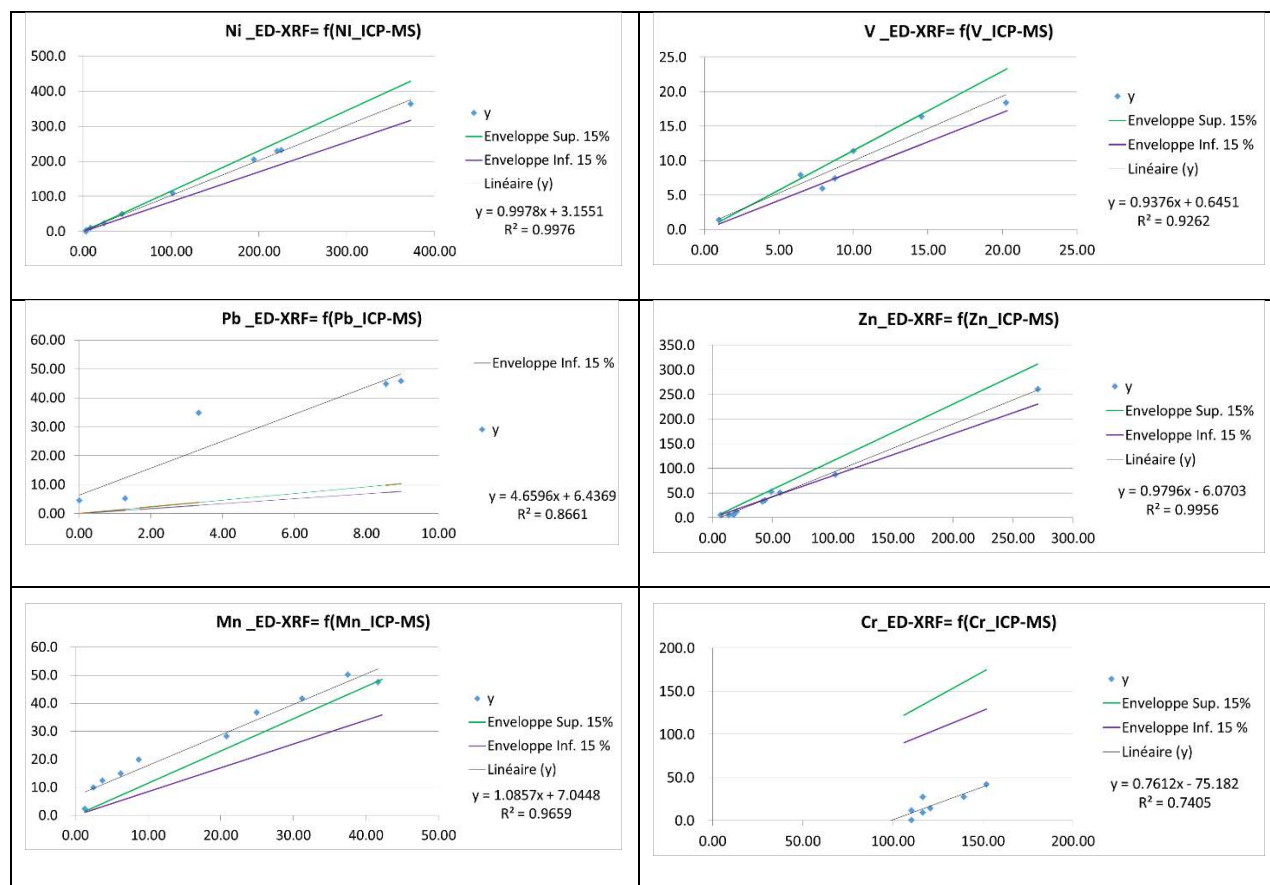


Figure 21 : représentations graphiques des données ED-XRF en fonction des données ICP-MS avec régression linéaire

3.6.2. Moyenne des concentrations en métaux réglementés

Cette partie vise à comparer les niveaux de métaux réglementés par rapport aux valeurs annuelles de référence.

Parmi les métaux réglementés, seul le nickel et le plomb ont fait l'objet d'analyse par méthode ED-XRF, cette technique ne permettant pas l'analyse de l'arsenic et du cadmium.

Avec 4795 heures de prélèvement de juin à décembre 2016, soit 54.7% de l'année 2016, le critère de représentativité annuelle issu de la réglementation européenne (14% minimum sur l'année) est satisfait. Bien que le critère de répartition homogène sur l'année ne soit pas satisfait du fait de l'absence de mesure de janvier à juin, on estime les moyennes de la campagne représentative de l'année car la couverture saisonnière a bien été respectée, avec l'association de prélèvements en saison chaude et en saison fraîche.

Les graphiques ci-après représentent les moyennes de concentrations en nickel et en plomb sur la durée de la campagne. Sont indiquées les valeurs issues de l'analyse par méthode ED-XRF et celles obtenues après correction via formule d'équivalence ICP-MS⁵.

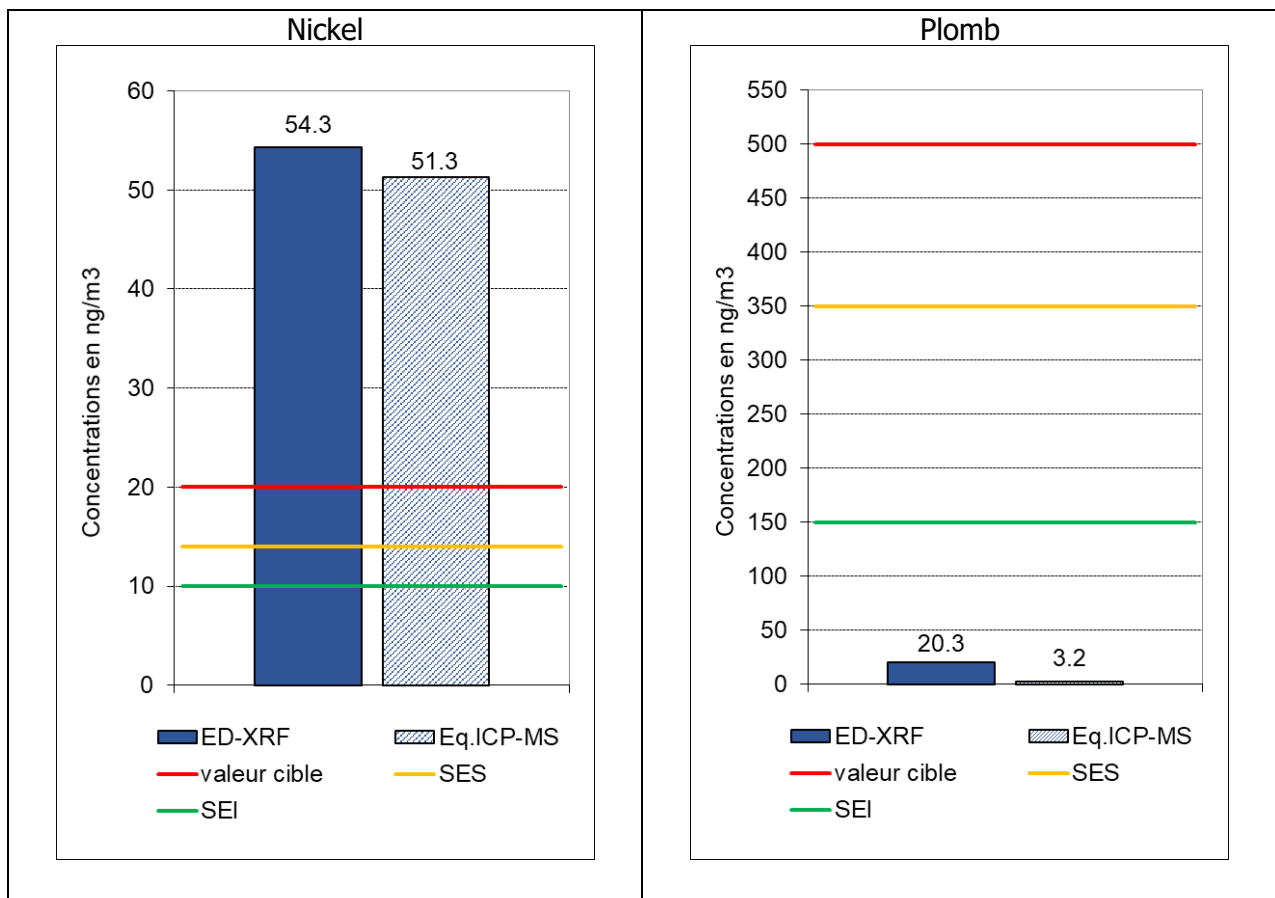


Figure 22 : concentrations en nickel et plomb de fraction PM10 (en µg/m³)

⁵ Voir annexe p.56

Les moyennes de concentration en nickel affichent des valeurs de l'ordre de 50 ng/m³, valeur plus de 2 fois supérieures à la valeur cible annuelle pour le nickel qui est de 20 ng/m³.

Les moyennes de concentration en plomb affichent des valeurs comprises entre 3 et 20 ng/m³ selon la méthode d'analyse, valeurs très inférieures aux seuils de référence pour le plomb.

A titre d'information, les analyses ICP-MS en arsenic et en cadmium concernant la sélection de 10 filtres affichent des moyennes de 0.45 ng/m³ (As) et 0.58 ng/m³ (Cd). Si le nombre de filtres reste insuffisant pour en déduire une estimation annuelle, on remarque que les valeurs mesurées sont inférieures aux seuils de référence tant pour l'arsenic que pour le cadmium.



Figure 23 : Préleveur Partisol disposé devant le laboratoire mobile - site de l'école Griscelli

3.6.3. Etudes des concentrations par élément chimique, par série et par catégorie

Le graphique ci-contre présente les niveaux de concentrations par série, regroupés en catégorie de filtre (pour plus d'informations sur les catégories de filtres, voir la partie « Analyse des métaux au sein des particules fines prélevées » p.14).

Pour une question d'échelle et de visibilité sur le graphique, certains niveaux de métaux ont été représentés en facteur /20 ou /10.

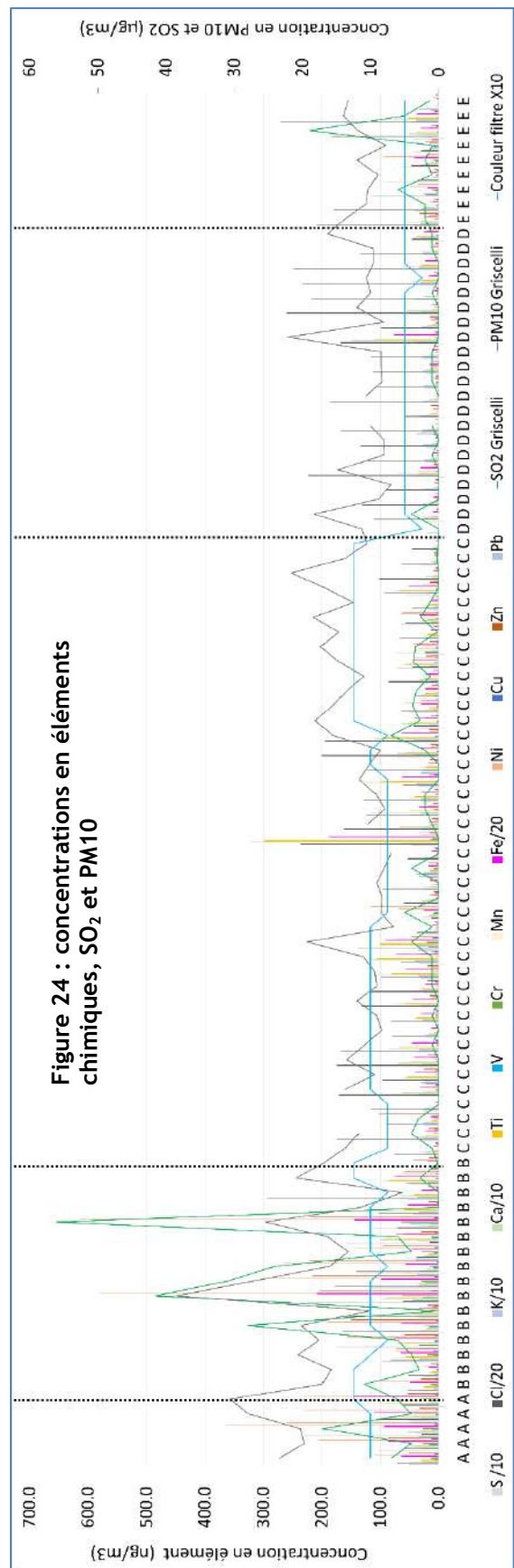
C'est le cas des éléments soufre (S), chlore (Cl), potassium (K), calcium (Ca) et fer (Fe).

Les concentrations en éléments chimiques sont de manière générale plus élevées dans les catégories A et B correspondant aux situations de vent d'ouest.

On note également des concentrations en PM10 et SO₂ plus élevées pour les catégories A et B, traçant ainsi une origine industrielle des éléments chimiques, en particulier le vanadium (V), le chrome (Cr), le manganèse (Mn), le fer (Fe), le nickel (Ni).

En revanche, les concentrations en éléments soufre (S), chlore (Cl), potassium (K), calcium (Ca), cuivre (Cu) et titane (Ti) semblent évoluer de manière indépendante par rapport aux concentrations en dioxyde de soufre et particules PM10 ; signe d'une origine majoritairement non industrielle.

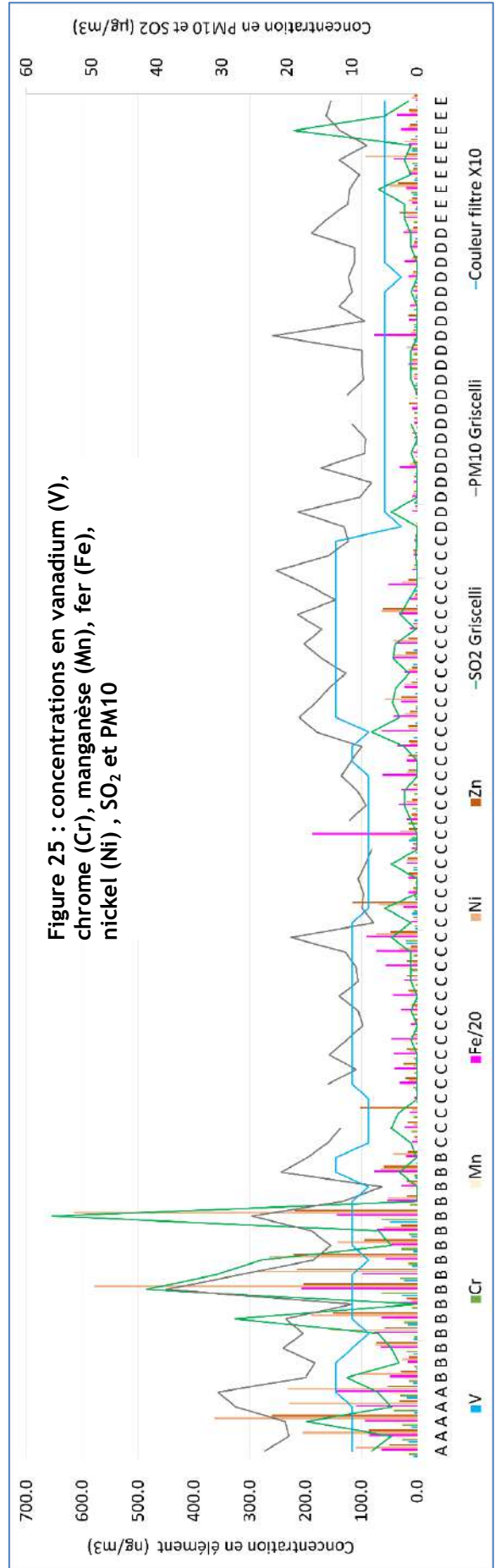
Le prochain graphique présente uniquement cette série d'éléments métalliques dont les concentrations varient de la même manière que le dioxyde de soufre et les PM10.



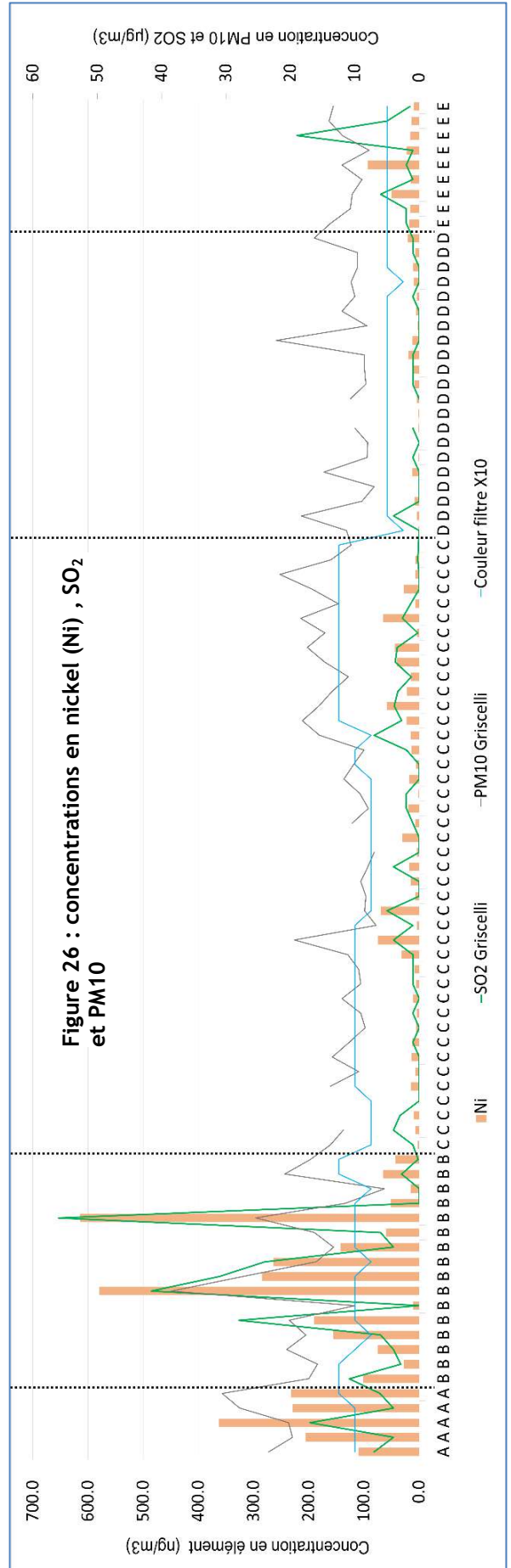
Ce graphique permet de mieux visualiser les corrélations entre les éléments métalliques : vanadium (V), chrome (Cr), manganèse (Mn), fer (Fe), nickel (Ni) et la présence conjointe de dioxyde de soufre et de poussières fines PM10.

De manière générale, les filtres les plus foncés en terme de couleur sont les filtres dont les concentrations sont les plus élevées. En revanche, il n'y a pas de réelle différence de teinte de gris pour les filtres dont les concentrations sont moyennes à faibles si l'on considère les gammes de concentrations rencontrées.

Le graphique suivant présente un zoom sur les concentrations en nickel uniquement.



Les niveaux de nickel sont étroitement corrélés aux niveaux de dioxyde de soufre, les concentrations de pointe correspondants aux catégories de filtre A et B (vent d'ouest dominant) et les concentrations les plus faibles, aux catégories C, D et E (vent d'est dominant). Ceci atteste de l'origine industrielle du nickel.



3.6.4. Zoom sur les séries qui ont fait l'objet de signalement de la part du personnel de l'école Griscelli (filtres de la catégorie A)

Cinq dates correspondent à des signalements du personnel de l'école Griscelli en raison de nuisances causées par les fumées issues de l'activité de la zone industrielle de Doniambo.

Le graphique suivant présente les concentrations en métaux vanadium, chrome, manganèse, fer, nickel et zinc, ainsi que les concentrations moyennes en dioxyde de soufre et particules fines PM10 relatives à ces cinq dates.

Sur l'ensemble des échantillons, des valeurs en nickel supérieures à 100 ng/m³ sont enregistrées, ainsi que des niveaux de particules fines non négligeables compris entre 20 et 30 µg/m³.

Les niveaux journaliers de dioxyde de soufre de 4 à 17 µg/m³ montrent également l'influence des émissions industrielles sur le site de mesure.

Notons également la présence de zinc, fer, manganèse, chrome et vanadium dont les concentrations sont parmi les plus élevées au cours de la campagne de mai 2016 à janvier 2017.

Enfin, pour l'ensemble de ces filtres, la couleur observée est gris foncé.

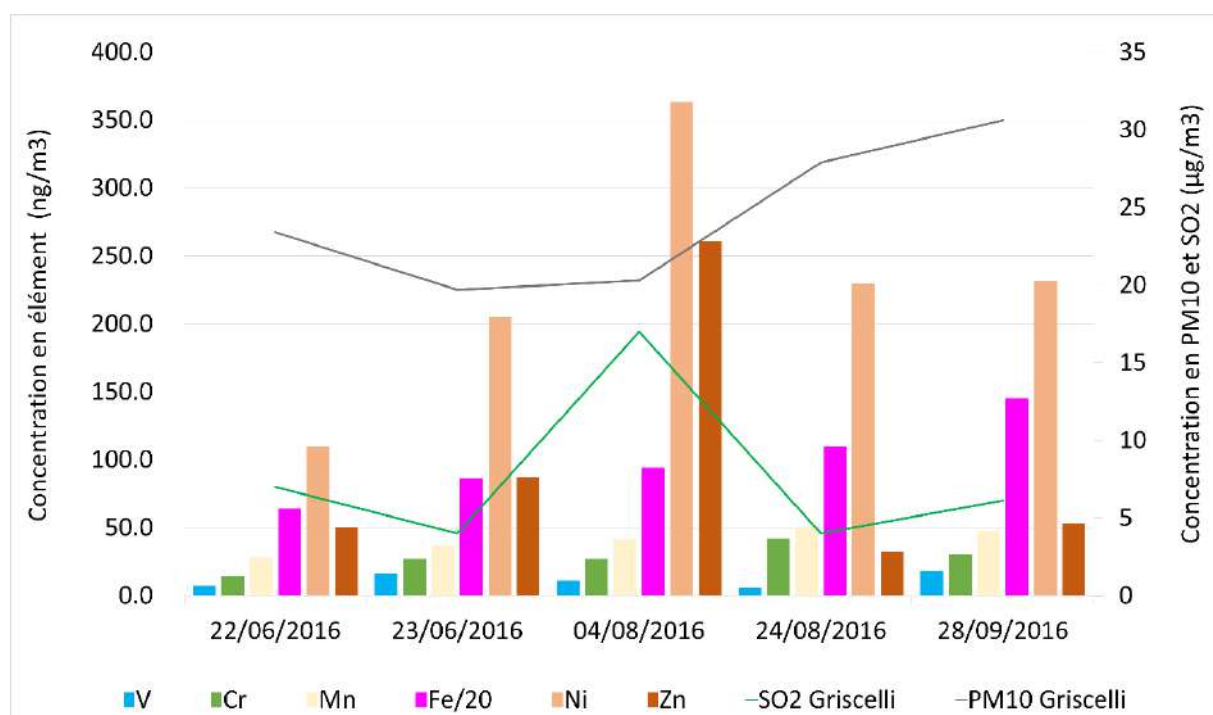
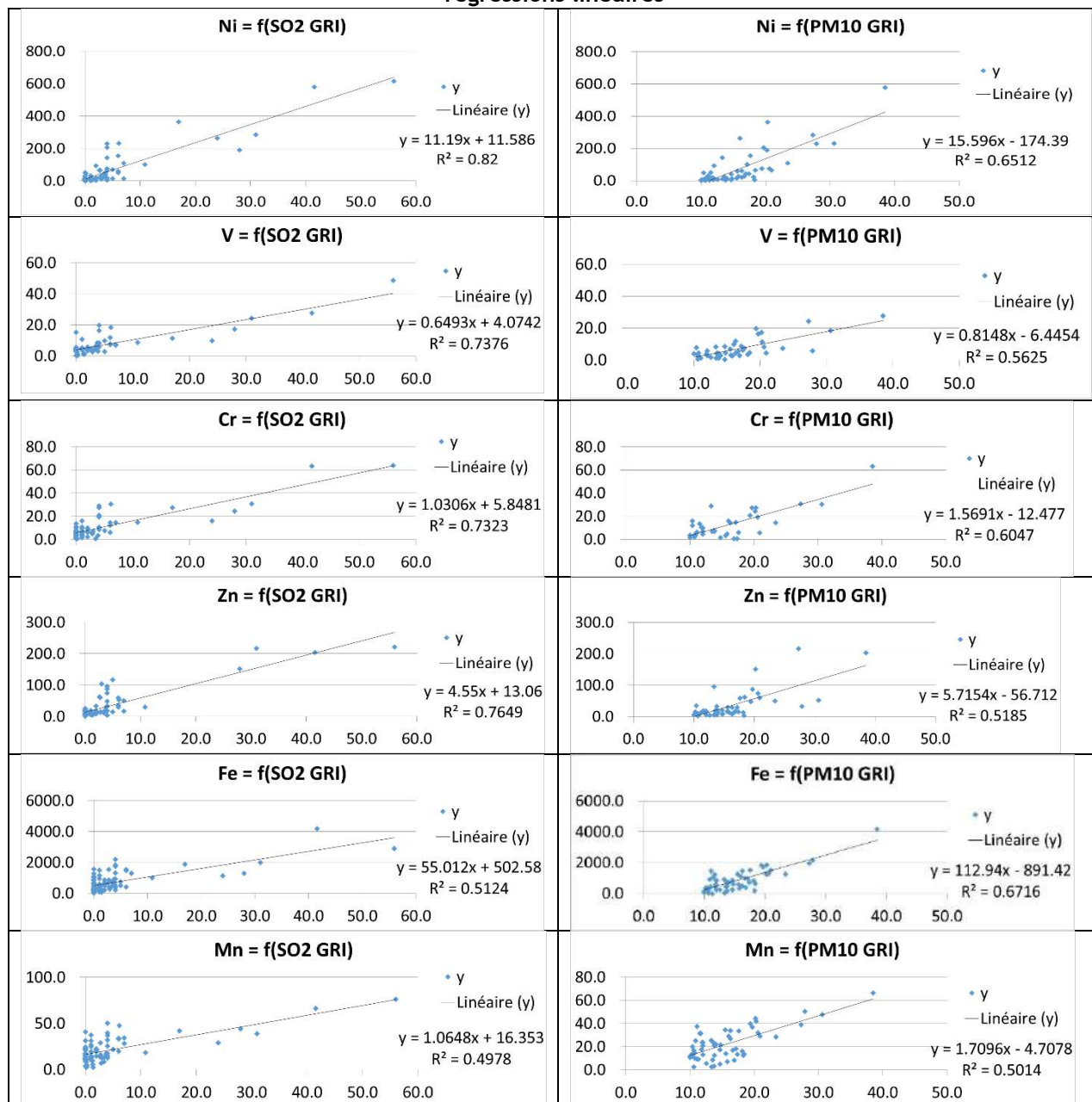


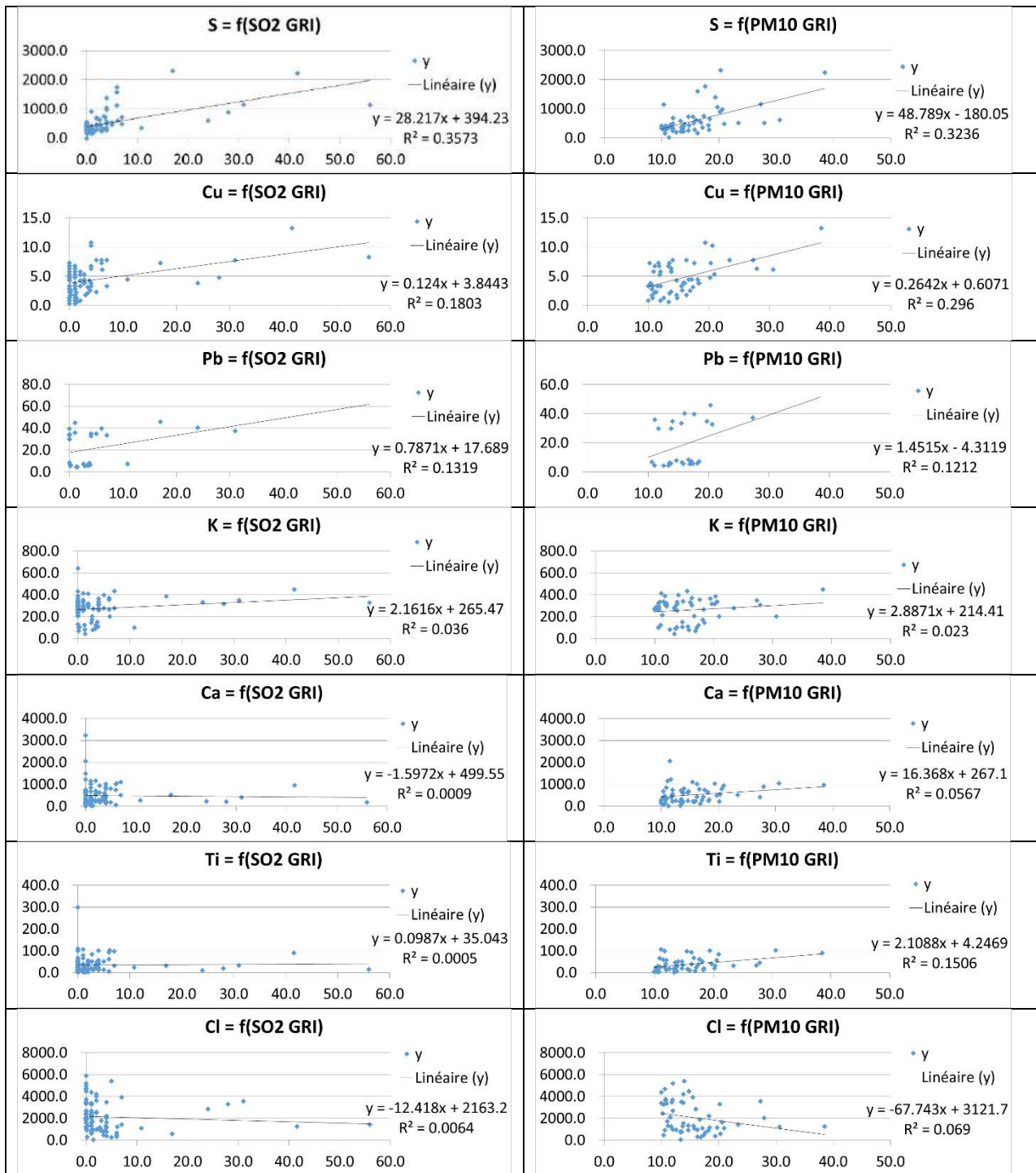
Figure 27 : Concentrations en métaux vanadium, chrome, manganèse, fer, nickel, zinc, en SO₂ et PM10 - Prélèvement relatifs aux dates ayant fait l'objet de signalement par le personnel de l'école Griscelli.

3.6.5. Etude de corrélation des niveaux de métaux par rapport aux niveaux de dioxyde de soufre et particules fines PM10

Le tableau suivant présente les graphiques de régression linéaire de chaque élément mesuré avec le dioxyde de soufre et les particules fines PM10.

Tableau 11 : représentations graphiques des données de concentrations en éléments chimiques en fonction des concentrations en SO₂ (colonne de gauche) et PM10 (colonne de droite), avec régressions linéaires





Si l'on considère la corrélation des éléments nickel (Ni), vanadium (V), chrome (Cr), zinc (Zn) avec le dioxyde de soufre (SO₂), celle-ci affichent des coefficients de détermination R² supérieurs à 0.7, ce qui confirme l'origine industrielle majoritaire de ces éléments, avec une corrélation maximale pour le nickel dont la valeur du R² est de 0.82.

Ces mêmes éléments montrent une corrélation moins importante avec les PM10, avec un coefficient R² compris entre 0.5 et 0.7. Ceci s'explique vraisemblablement par le caractère multi-sources des particules fines PM10, contrairement au dioxyde de soufre qui est strictement d'origine

industrielle, celles-ci pouvant provenir des émissions liées au trafic routier, aux brulages alentours, à l'érosion éolienne notamment.

Concernant les éléments Fer (Fe), manganèse (Mn) et soufre (S), ceci affichent des coefficients R^2 moins important, compris entre 0.35 et 0.51 avec le SO_2 et 0.32 et 0.67 avec les PM10. Ces résultats attestent d'un lien existant entre ces éléments et l'origine industrielle mais également d'autres sources potentielles.

Le cuivre (Cu) et le plomb (Pb) affichent quant à eux des corrélations plutôt faibles tant avec le SO_2 qu'avec les PM10, avec un coefficient R^2 compris entre 0.12 et 0.29.

Enfin, on constate une absence de lien de corrélation pour les éléments potassium (k), calcium (Ca), chlore (Cl) et titane (Ti) en rapport au SO_2 et aux PM10, le coefficient R^2 se trouvant pour ces éléments entre 0.0005 et 0.15.

Ainsi, ces éléments semblent davantage liés à des niveaux de fond urbain.

3.7. Etude des retombées atmosphériques par jauge Owen

3.7.1. Les retombées atmosphériques insolubles totales

Le graphique suivant présente les niveaux de retombées insolubles totales durant la campagne de mesure en $mg/m^2/jour$.

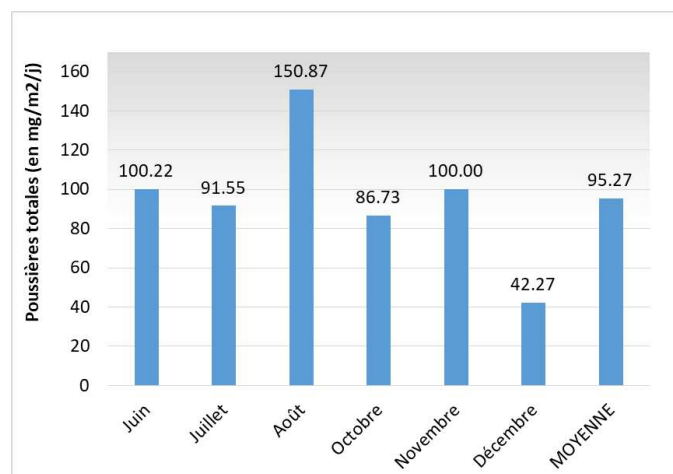


Figure 28 : retombées insolubles totales (en $mg/m^2/j$)

Les niveaux d'empoussièrement évoluent d'un mois sur l'autre, avec une valeur minimale à 42.27 $mg/m^2/jour$ en décembre 2016 et une valeur maximale de 150.87 $mg/m^2/jour$ en août 2016.

En comparaison aux autres stations de mesure du réseau de Nouméa, les niveaux mensuels de l'Ecole Griscelli sont supérieurs à ceux de la station de Montravel, dont les niveaux évoluent entre 40 et 80 mg/m²/jour à l'échelle de l'année 2016.

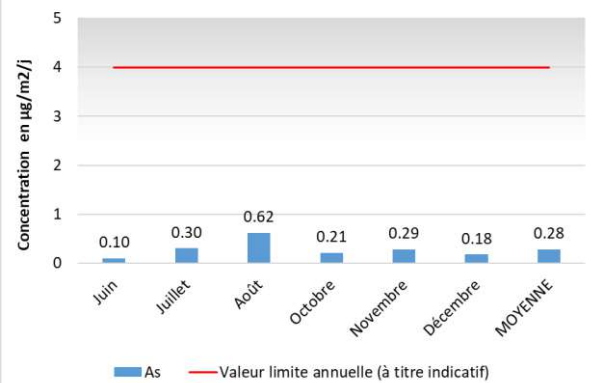
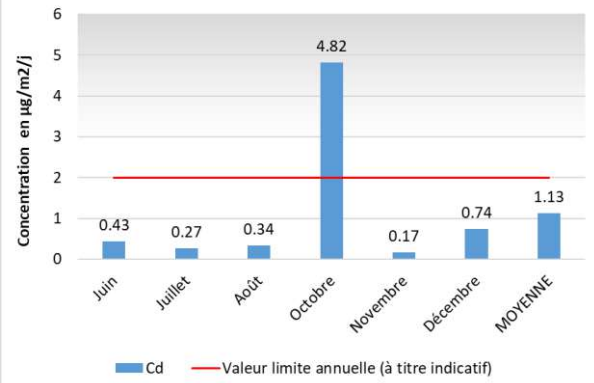
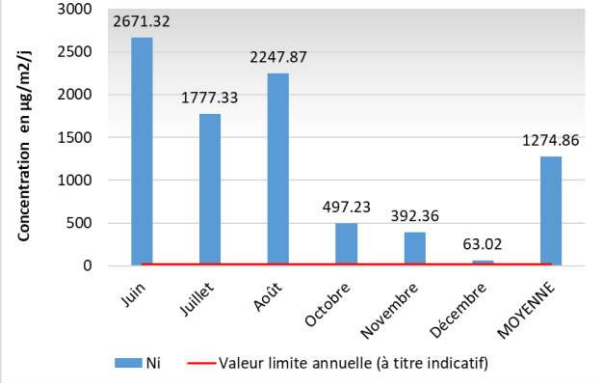
Le site de l'Ecole Griscelli affiche en outre des valeurs mensuelles de pointe supérieures à 100 mg/m²/jour, et donc supérieures aux maxima de la station de Montravel.

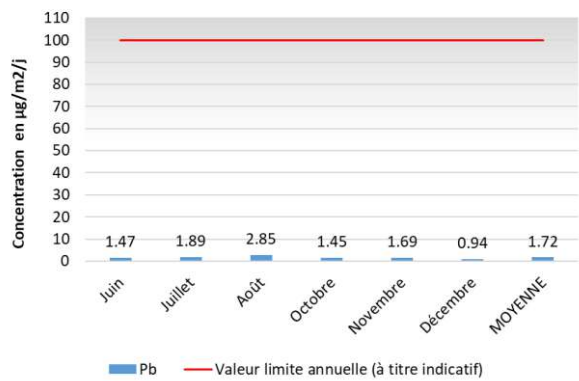
Enfin, avec une valeur de 95.27 mg/m²/jour, le niveau moyen de poussières totales mesurés au cours de la campagne de l'Ecole Griscelli respectent la valeur seuil de 350 mg/m²/jour préconisée par la norme du TA LUFT 2002.

3.7.2. Mesure des métaux lourds

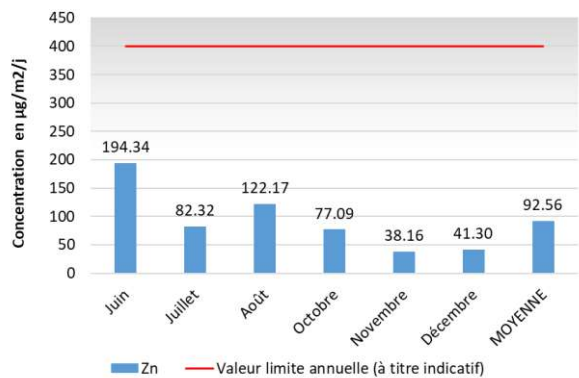
Cette partie vise à comparer les niveaux de métaux mesurés au sein des retombées totales à leurs valeurs de référence respectives.

Tableau 12 : comparaison des niveaux de métaux aux valeurs de référence

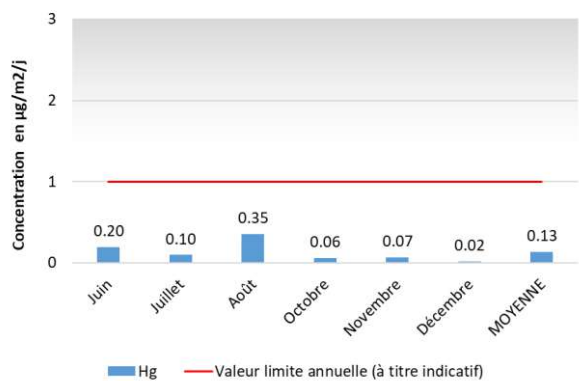
 <p>Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$</p> <p>As — Valeur limite annuelle (à titre indicatif)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Juin</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td>Juillet</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>Août</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>Octobre</td> <td>0.21</td> </tr> <tr> <td>Novembre</td> <td>0.29</td> </tr> <tr> <td>Décembre</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>MOYENNE</td> <td>0.28</td> </tr> </tbody> </table>	Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Juin	0.10	Juillet	0.30	Août	0.62	Octobre	0.21	Novembre	0.29	Décembre	0.18	MOYENNE	0.28	<p>Les niveaux d'arsenic sont très faibles durant la campagne de mesure, inférieurs à $1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ et similaire à ceux mesurés dans les quartiers faisant l'objet de mesures annuelles.</p>
Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)																
Juin	0.10																
Juillet	0.30																
Août	0.62																
Octobre	0.21																
Novembre	0.29																
Décembre	0.18																
MOYENNE	0.28																
 <p>Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$</p> <p>Cd — Valeur limite annuelle (à titre indicatif)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Juin</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>Juillet</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>Août</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>Octobre</td> <td>4.82</td> </tr> <tr> <td>Novembre</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>Décembre</td> <td>0.74</td> </tr> <tr> <td>MOYENNE</td> <td>1.13</td> </tr> </tbody> </table>	Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Juin	0.43	Juillet	0.27	Août	0.34	Octobre	4.82	Novembre	0.17	Décembre	0.74	MOYENNE	1.13	<p>Concernant le cadmium, les valeurs restent en moyenne inférieures à la valeur cible annuelle sur la durée de la campagne de mesure. On observe une valeur de pointe ponctuelle en octobre 2016 qui, bien que supérieure à la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, n'a pas influencé suffisamment la moyenne pour qu'il y est un dépassement du seuil.</p>
Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)																
Juin	0.43																
Juillet	0.27																
Août	0.34																
Octobre	4.82																
Novembre	0.17																
Décembre	0.74																
MOYENNE	1.13																
 <p>Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$</p> <p>Ni — Valeur limite annuelle (à titre indicatif)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Juin</td> <td>2671.32</td> </tr> <tr> <td>Juillet</td> <td>1777.33</td> </tr> <tr> <td>Août</td> <td>2247.87</td> </tr> <tr> <td>Octobre</td> <td>497.23</td> </tr> <tr> <td>Novembre</td> <td>392.36</td> </tr> <tr> <td>Décembre</td> <td>63.02</td> </tr> <tr> <td>MOYENNE</td> <td>1274.86</td> </tr> </tbody> </table>	Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Juin	2671.32	Juillet	1777.33	Août	2247.87	Octobre	497.23	Novembre	392.36	Décembre	63.02	MOYENNE	1274.86	<p>Pour le nickel, les valeurs mesurées sont très élevées, quatre à cinq fois supérieures à celles mesurées sur les stations fixes du réseau au même moment. Avec un niveau moyen de $1274.86 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jours}$ au cours de la campagne de mesure, la valeur cible de $15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ est très largement dépassée. Les valeurs de pointes mensuelles, mesurées entre juin et août 2016, s'expliquent vraisemblablement, du fait des vents faibles rencontrés en saison fraîche, par une retombée plus importante des poussières de nickel à proximité de leur zone d'émission basée à 500m du site de mesure.</p>
Mois	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)																
Juin	2671.32																
Juillet	1777.33																
Août	2247.87																
Octobre	497.23																
Novembre	392.36																
Décembre	63.02																
MOYENNE	1274.86																



Les niveaux de plomb sont restés très faibles durant toute la campagne de mesure, et la moyenne est très en-deçà de la valeur limite annuelle.



La valeur moyenne en zinc durant la campagne est de 92.56 µg/m²/j, très inférieure à la valeur limite pour le zinc.



Enfin, notons des concentrations en mercure de l'ordre du dixième de µg/m²/jour, et une moyenne sur la période également inférieure à la valeur limite annuelle pour le mercure.

3.7.3. Granulométrie

Dans le cadre de cette étude, une analyse granulométrique a été menée pour connaître la taille des particules et leurs proportions.

Le graphique suivant permet de visualiser le pourcentage des particules en volume, en fonction de leur diamètre. Il s'agit du volume pris par l'ensemble des particules selon la gamme de diamètres à laquelle elles appartiennent.

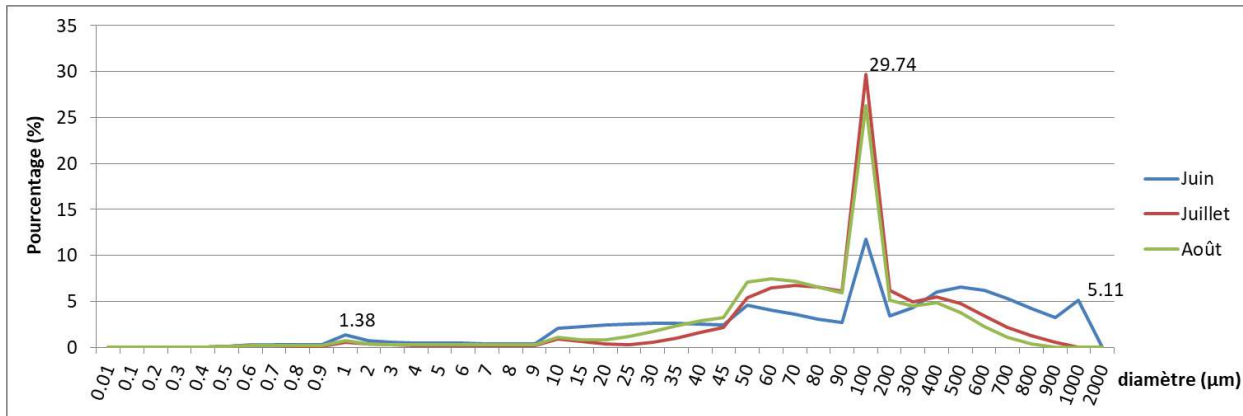


Figure 29 : pourcentage des particules en volume en fonction de leurs diamètres

La majorité des particules en volume ont un diamètre entre 10 et 1000 µm. On note un pic maximal de l'ordre de 25 à 30 % pour les particules dont le diamètre est de 100 µm.

On note également un petit pic de présence de 1.4% en volume pour les particules très fines de 1 µm.

Mis à part le pic maximal des 100 µm, la distribution volumique de taille est relativement homogène pour les particules comprises entre 50 et 1000 µm.

Le graphique suivant permet de visualiser le pourcentage de particules en nombre, en fonction de leurs diamètres.

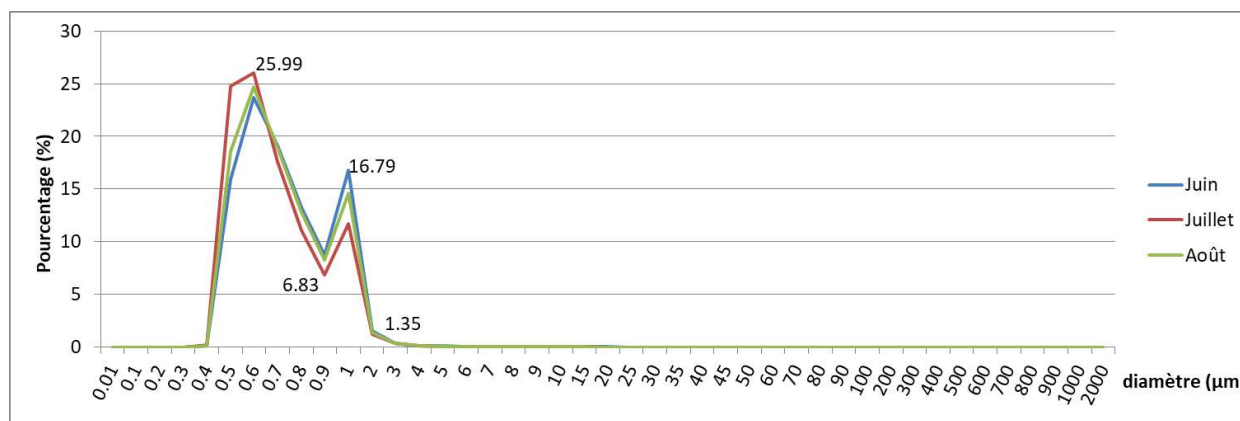


Figure 30 : pourcentage des particules en nombre en fonction de leurs diamètres

Les particules très fines comprises entre 0.4 et 3 µm sont les plus nombreuses.

On note un pic de présence pour les particules dont la taille est comprise entre 0.6 et 0.7 µm avec une proportion de l'ordre de 25%.

Le second pic de présence le plus important en nombre concerne les particules dont le diamètre est de 1 µm avec des proportions comprises entre 10 et 17 %.

Ainsi, d'après l'analyse granulométrique :

- la plus grande part en volume de particules collectées par jauge Owen se situe dans une gamme de diamètre compris entre 10 et 900 µm,
- la plus grand part en nombre de particules collectées par jauge Owen se situe dans une gamme de diamètre compris entre 0.4 et 3 µm.

Les particules très fines sont plus nombreuses que les particules grossières, ces dernières occupant le volume le plus important avec un nombre relativement faible.

Cette étude de la granulométrie des particules montre la présence de particules ultra fines, potentiellement chargées en nickel, qu'il serait pertinent d'étudier d'un point de vue sanitaire lors d'une prochaine campagne, notamment par l'analyse en métaux des particules de type PM2.5, celles-ci étant les plus dangereuses pour la santé.

4. Conclusion

La campagne de mesures de la qualité de l'air menée sur le site de l'École Griscelli du 25 mai 2016 au 09 janvier 2017 a permis de répondre aux attentes du personnel de l'école et des autorités compétentes.

Au cours de la campagne de mesure, des concentrations moyennes à fortes en dioxyde de soufre d'origine industrielle ont été régulièrement mesurées, avec 6 dépassements du seuil d'information.

L'étude des percentiles a également permis de montrer l'origine pour partie industrielle des polluants NO₂ et PM10 au niveau de l'école Griscelli, en particulier dans le cas de valeurs de pointes, c'est-à-dire dans le cas de pollution correspondant aux gammes de concentrations les plus élevées sur la durée de la campagne.

Notons également l'influence conjointe du trafic routier et d'autres sources d'émissions potentielles comme les brûlages ponctuels alentours, également générateurs de poussières fines et d'oxyde d'azote. Cet aspect est associé à des valeurs légèrement plus élevées qu'au niveau des stations fixes de Nouméa, et également 2 à 3 fois plus faibles qu'en site trafic routier (rue Gallieni et VDO notamment).

L'analyse des données de l'enquête effectuée auprès du personnel de l'école montre une origine industrielle systématique de la pollution atmosphérique lors des relevés de nuisances, avec des concentrations de pointe en dioxyde de soufre et nickel aux mêmes moments.

La campagne de mesure a également révélé de fortes concentrations en nickel de fraction PM10, dont la moyenne sur la période dépasse largement la valeur cible pour le nickel.

Notons en outre la présence des éléments vanadium (V), chrome (Cr), manganèse (Mn), fer (Fe) et zinc (Zn) qui apparaissent majoritairement d'origine industrielle. Leurs concentrations dans l'air ambiant ne sont néanmoins pas réglementées.

La mesure des retombées totales, via l'analyse chimique et granulométrique, a montré la présence de particules grossières mais également de particules très fines, avec des concentrations en nickel très supérieures à la valeur de référence. Les concentrations des autres éléments surveillés (arsenic, cadmium, plomb, zinc et mercure) respectent quant à elles les valeurs de référence.

Notons que nous avons très peu de connaissance aujourd'hui concernant l'effet cocktail des polluants. Ainsi, une attention particulière au suivi de la qualité de l'air devra être portée dans le

quartier de la Vallée du Tir qui regroupe plusieurs établissements scolaires, équipements sportifs et maison de quartier. La surveillance actuelle pourrait être complétée par un suivi en continu des poussières fines (PM10 et PM2.5) et des métaux qu'elles contiennent, ainsi qu'une mesure des retombées atmosphériques plus régulière.

5. Annexe

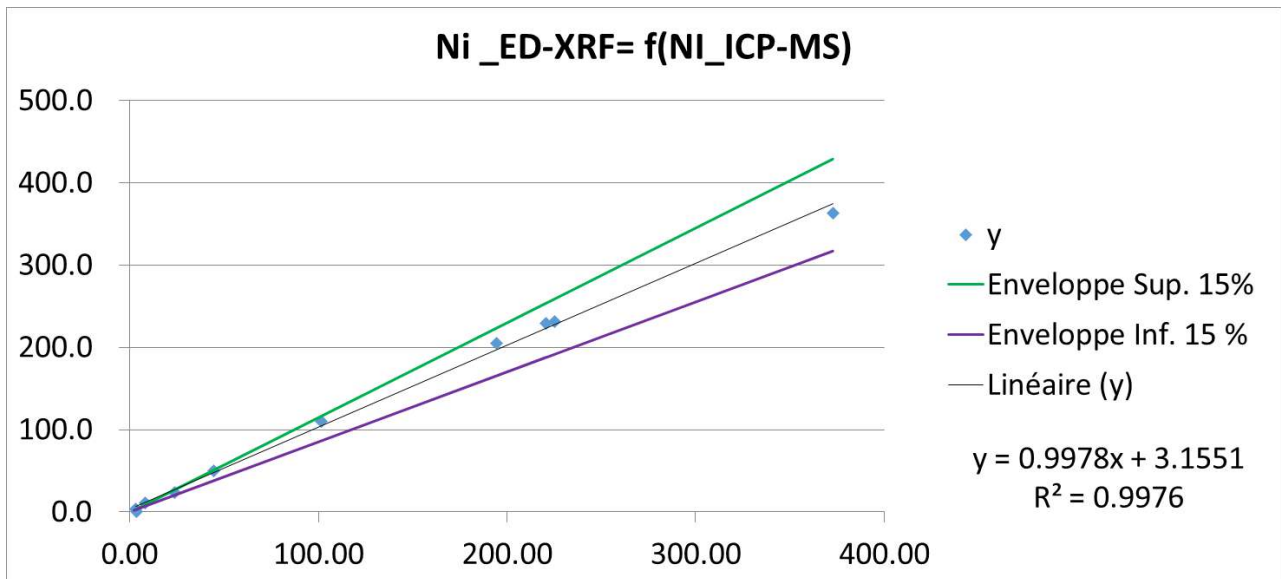


Figure 31 : représentation graphique de l'intercomparaison des filtres analysés à la fois par méthode ED-XRF et ICP-MS, avec formule d'équivalence