



Association Calédonienne de
Surveillance de la Qualité de l'Air

Mesure des retombées atmosphériques dans le Sud 2015 à 2017



Rapport d'étude – Septembre 2018



Conditions de diffusion

Scal'Air est l'association de surveillance de la qualité de l'air en Nouvelle-Calédonie, installée depuis 2007 sur Nouméa (la capitale) et depuis 2012 dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie. En raison du contexte socio-économique de la Nouvelle-Calédonie, de par la présence d'usines industrielles à proximité de populations, les deux réseaux de mesures visent à surveiller les niveaux d'exposition des populations aux pollutions atmosphériques. Elle a donc 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.

Au regard de ses missions 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 : Sarah DUPUY, Tatiana TCHONG-FAT
- Tiers examens du rapport : Philippe ESCOFFIER
- Approbation finale : Alexandra MALAVAL-CHEVAL

Sommaire

Sommaire	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux	5
Liste des sigles et acronymes utilisés	6
1. Introduction.....	7
2. Méthode de prélèvement et d'analyse	8
2.1. Prélèvement des retombées atmosphériques	8
2.2. Plan d'échantillonnage	8
2.3. Traitement des échantillons.....	9
3. Les métaux lourds.....	11
4. Règlementation	12
4.1. Valeurs limites de référence	12
4.2. Règlementation ICPE.....	12
5. Conditions météorologiques	13
5.1. Pluviométrie	13
5.2. Roses des vents	14
6. Résultats	15
6.1. Retombées atmosphériques insolubles totales	15
6.2. Mesure des métaux lourds	16
7. Conclusion	21
Annexes	23

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de structure d'une jauge Owen.....	8
Figure 2 : Jauge Owen installée sur le toit d'une station de mesures	8
Figure 3 : Sites de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie.....	9
Figure 4 : Pluviométrie moyenne et volume moyen d'eau de pluie recueilli par jauge Owen dans le Sud (Source Météo France).....	13
Figure 5 : Niveaux moyens de retombées de poussières par année et par station (en mg/m ² /jour)	15
Figure 6 : Teneurs moyennes en arsenic dans les retombées atmosphériques.....	16
Figure 7 : Teneurs moyennes en cadmium dans les retombées atmosphériques	17
Figure 8: Teneurs moyennes en nickel dans les retombées atmosphériques.....	17
Figure 9 : Teneurs moyennes en zinc dans les retombées atmosphériques.....	18
Figure 10 : Teneurs moyennes en plomb dans les retombées atmosphériques.....	19
Figure 11 : Teneurs moyennes en mercure dans les retombées atmosphériques	19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvement de retombées atmosphériques	9
Tableau 2 : Valeurs limites en métaux et en poussières dans les retombées atmosphériques	12
Tableau 3 : Conditions météorologiques « types » par période d'échantillonnage.....	14
Tableau 4 : Teneurs moyennes en métaux lourds (en µg/m ² /jour) des retombées atmosphériques par année sur le réseau de mesures du Sud	16

Liste des sigles et acronymes utilisés

As	Arsenic
Cd	Cadmium
Hg	Mercure
Pb	Plomb
Ni	Nickel
Zn	Zinc
ETM	Éléments traces métalliques
Norme NFX43-014	« Détermination des retombées atmosphériques totales »
Norme NF EN 14902	Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour la mesure du plomb, cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction PM10 de la matière particulaire en suspension
Norme NF EN ISO 11885	Dosage d'éléments par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)

1. Introduction

Le réseau de mesures de Scal'Air est composé de huit stations fixes réparties sur l'agglomération de Nouméa et le Sud de la Nouvelle-Calédonie. Le réseau de Nouméa est également doté d'une station (ou laboratoire) mobile. Ces stations équipées d'analyseurs et de préleveurs électroniques, permettent de mesurer en continu les concentrations des divers polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, particules fines PM10 et PM2.5, métaux lourds, etc.) dans l'air ambiant et de les comparer aux valeurs issues des réglementations françaises, européennes et ICPE en vigueur. Ces polluants constituent, en effet, un enjeu de surveillance quant à la santé publique de la population, et la protection des écosystèmes.

L'atmosphère est un compartiment essentiel du cheminement de l'eau et constitue un milieu de transport préférentiel pour de nombreux éléments traces. Leur présence dans l'atmosphère (aérosols, métaux traces, produits organiques persistants, micro-organismes...) résulte de processus naturels (remise en suspension de particules par le vent, émissions foliaires, activité volcanique, aérosols marins, etc.) et anthropiques (industries diverses, trafic automobile, usines d'incinération, etc.).

La majeure partie des polluants, notamment les métaux lourds, est transportée sous forme d'aérosols, et finit tôt ou tard par se déposer au niveau du sol, sous forme de dépôt sec (chute gravitaire de l'élément) ou de dépôt humide (entraînement par les eaux de pluie).

En complément des mesures faites en air ambiant au niveau des stations de mesures et conformément aux arrêtés ICPE du code de l'environnement de la Province Sud, un suivi des retombées atmosphériques est réalisé depuis 2012 sur le réseau du Sud.

Ce rapport présente les résultats des campagnes de collecte des retombées atmosphériques effectuées entre 2015 et 2017 dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, au niveau des deux stations fixes de la Forêt Nord et de Port Boisé.

2. Méthode de prélèvement et d'analyse

2.1. Prélèvement des retombées atmosphériques

Auparavant utilisé par Scal'Air, le dispositif de prélèvement des retombées atmosphériques dit « plaquette Diem » a été abandonné en 2016, puisqu'il ne permettait pas de récupérer les retombées atmosphériques humides. En effet, lors de pluie, les plaquettes DIEM étaient lessivées, occasionnant une perte des poussières collectées.

Depuis, des jauges Owen sont utilisées pour collecter les retombées atmosphériques totales, solubles (dissoutes dans l'eau de pluie collectée) et solides (sur la surface interne de l'entonnoir et dans l'eau de pluie récoltée, sous forme non dissoute), qui y entrent de façon gravitaire.

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.

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

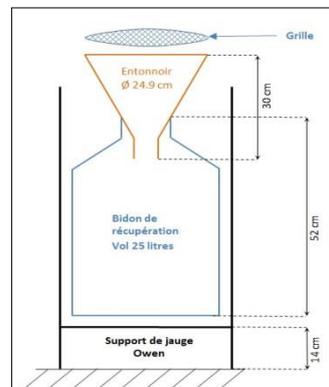


Figure 1 : Schéma de structure d'une jauge Owen



Figure 2 : Jauge Owen installée sur le toit d'une station de mesures

2.2. Plan d'échantillonnage

Les jauges Owen sont disposées, dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, au niveau de deux stations de surveillance fixe de typologie « suivi environnemental », et industrielle (figure 3):

- Forêt Nord : station située à 1.3 kms au Nord du site industriel,
- Port Boisé : station située à 4.9 kms à l'Est du site industriel.

Les prélèvements servent à la fois à doser les métaux lourds contenus dans les retombées atmosphériques, et à mesurer les niveaux de retombées atmosphériques insolubles totales, autrement dit les poussières totales.



Figure 3 : Sites de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie

Entre 2015 et 2017, six campagnes « métaux lourds » d'environ 28 jours ont été effectuées chaque année, à raison d'une tous les deux mois. Cela respecte ainsi l'arrêté du 19 avril 2017 selon laquelle une mesure est représentative lorsqu'elle couvre à minima une période de 33% uniformément répartie sur l'année.

Tableau 1 : Dates des campagnes de prélèvement de retombées atmosphériques

Mois de prélèvement	2015	2016	2017
Février	15/01 au 12/02	04/02 au 29/02	02/02 au 02/03
Avril	02/04 au 30/04	31/03 au 28/04	06/04 au 04/05
Juin	04/06 au 02/07	02/06 au 30/06	01/06 au 29/06
Août	06/08 au 02/09	05/08 au 01/09	03/08 au 31/08
Octobre	29/09 au 27/10	29/09 au 27/10	05/10 au 02/11
Décembre	01/12 au 29/12	01/12 au 29/12	29/11 au 28/12

2.3. Traitement des échantillons

Après exposition, les jauges sont transmises au laboratoire local AEL, dont le protocole d'analyse (annexe 1) répond à la norme NFX43-014.

L'analyse des métaux correspond aux normes NF EN 14902 pour les éléments traces particuliers et NF EN ISO 11885 pour le dosage d'éléments pour la fraction soluble.

Pour chaque échantillon, le laboratoire d'analyse AEL transmet les résultats suivants :

- Volume d'eau recueilli dans la jauge (L)
- Masse des retombées insolubles, valeur exprimée en unité de masse (mg)
- Dosage des métaux dissous ($\mu\text{g/L}$)
- Masse des métaux insolubles (ng/échantillon)

Afin de pouvoir comparer ces données aux normes existantes, les résultats sont convertis en unité de masse par unité de surface par unité de temps, de type $\text{mg/m}^2/\text{jour}$ ou $\mu\text{g/m}^2/\text{jour}$. Cela nécessite la prise en compte de la durée d'exposition des jauges (en jours) et le diamètre connu de l'entonnoir (en centimètres).

3. Les métaux lourds

Dans le cadre du suivi de la qualité de l'air à Nouméa, Scal'Air mesure dans les retombées atmosphériques les métaux suivants : l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc. Les métaux lourds sont également définis dans la littérature par le terme « Élément-Trace Métallique » ou « ETM ».

Bien que naturellement présents dans l'atmosphère, les métaux lourds proviennent en grande majorité des activités anthropiques : combustion de charbon, de pétrole, de fioul, d'ordures ménagères, et de certains procédés industriels spécifiques, comme la métallurgie. Ils se retrouvent généralement dans les particules sédimentables ou en suspension dans l'air, à l'exception du mercure qui est également gazeux.

Ces métaux présentent un caractère toxique pour la santé et l'environnement car susceptibles de s'accumuler dans l'organisme où ils provoquent, à partir de certaines concentrations, des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques et respiratoires.

Plus d'informations sur les métaux lourds sont disponibles sur le site internet de Scal'Air, à l'adresse suivante : <http://www.scalair.nc/l-air-en-question/generalites/polluants#ML>

4. Règlementation

4.1. Valeurs limites de référence

Il n'existe pas de valeurs limites européennes ou françaises relatives aux retombées atmosphériques totales. Seule la norme allemande du TA LUFT 2002 définit une valeur de **350 mg/m²/jour** de poussières comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante ». Cette norme est habituellement utilisée pour les campagnes de surveillance de sites présentant un risque fort de retombées de poussières (à proximité de cimenteries, de carrières, etc.).

La norme du TA LUFT définit également des valeurs de référence en métaux (As, Pb, Cd, Ni, Hg) contenus dans les retombées. En revanche la norme ne précise aucune valeur de référence pour le zinc mais la littérature mentionne la valeur limite suisse dans les retombées de poussières qui est de 400 µg/m²/jour.

Tableau 2 : Valeurs limites en métaux et en poussières dans les retombées atmosphériques

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

4.2. Règlementation ICPE

Dans le Sud, l'arrêté ICPE 1467-2008-PS du 09/10/2008 est la référence de la société VALE NC en terme de respect des seuils des polluants atmosphériques, et les études de définition auxquelles fait référence cet arrêté prescrivent d'effectuer 2 campagnes de 30 jours chacune pour la mesure des retombées atmosphériques sur les sites de la Forêt Nord et de Port Boisé.

5. Conditions météorologiques

Les paramètres météorologiques influencent la présence ou non de polluants dans un prélèvement de retombées atmosphériques. Des températures basses favoriseront les phénomènes d'inversion thermique mais limiteront le phénomène de volatilisation de certains composés. Des vents forts assureront un brassage efficace de l'air mais favoriseront l'envol de poussières et la dispersion de polluant dans un secteur donné. Enfin, de fortes précipitations favoriseront le lessivage des particules fines et des polluants présents dans l'air ambiant et l'entraînement des poussières vers le sol.

Les conditions météorologiques rencontrées dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie durant les périodes de prélèvement des retombées atmosphériques sont présentées ci-après (figure 4, tableau 3).

5.1. Pluviométrie

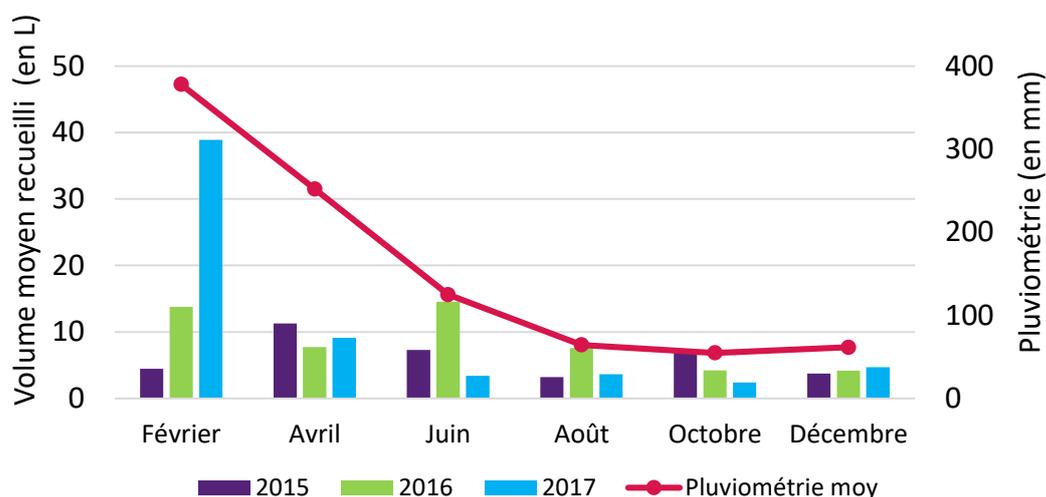


Figure 4 : Pluviométrie moyenne et volume moyen d'eau de pluie recueilli par jauge Owen dans le Sud (Source Météo France)

Les précipitations sont en général les plus importantes au mois de février. Sur la période étudiée (2015-2017), la pluviométrie moyenne en avril est également forte, notamment à cause de précipitations très importantes dues au passage de deux cyclones tropicaux en avril 2017. La saison fraîche (juin, août) est habituellement une période de faible à moyenne pluviosité, alors que les périodes d'octobre et de décembre sont les plus sèches.

Les volumes d'eau de pluie recueillis dans les jauges confirment cette tendance et suivent de manière relativement proche la courbe de pluviosité. Il faut cependant noter que les volumes moyens ne rendent pas compte des variations importantes de volumes de pluie collectés d'un site à l'autre. En effet, les volumes recueillis à la Forêt Nord, sont souvent bien supérieurs à ceux recueillis à Port Boisé.

5.2. Roses des vents

Les périodes d'échantillonnage étant globalement les mêmes chaque année, les conditions météorologiques habituelles sont décrites dans le tableau 3. En annexe 2, se trouvent les roses des vents (direction et vitesse des vents) correspondant à chacune des campagnes de collecte des retombées atmosphériques effectuées dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie de 2015 à 2017.

Tableau 3 : Conditions météorologiques « types » par période d'échantillonnage

Campagne/période	Conditions météorologiques habituelles
Campagne de février	<ul style="list-style-type: none">- Saison chaude- Vents dominants de secteurs E à SSE (40%), parfois N/NE (11%)
Campagne d'avril	<ul style="list-style-type: none">- Saison chaude- Vents dominants de secteurs E à SSE (60%), parfois N-NE (9%)
Campagne de juin	<ul style="list-style-type: none">- Saison fraîche- Vents dominants de secteurs E à SSE (45%), parfois N-NE (10%)
Campagne d'août	<ul style="list-style-type: none">- Saison fraîche- Vents dominants de secteurs E à S (45%), à variable. Environ 17% des vents sont de secteurs S à SO et 10% de secteur N-NE
Campagne d'octobre	<ul style="list-style-type: none">- Saison chaude- Vents dominants de secteurs E à SE (55-60%)
Campagne de décembre	<ul style="list-style-type: none">- Saison chaude- Vents dominants de secteurs E à SE (60%)

Les vents de secteur est présents toute l'année dans la région du Sud sont favorables à la dispersion des poussières venant des sites d'extraction de minérai vers la station de la Forêt Nord. Il en est de même pour les vents de secteur nord à nord-est, présents dans la majorité de l'année, mais en de plus faibles proportions.

Les vents de secteur sud à sud-ouest (plus présents en août) sont favorables à la dispersion des polluants d'origine industrielle vers la Forêt Nord.

6. Résultats

L'analyse porte sur les retombées atmosphériques insolubles totales ainsi que sur les métaux lourds contenus dans les échantillons.

6.1. Retombées atmosphériques insolubles totales

Le graphique suivant (figure 5) présente les niveaux moyens de retombées insolubles totales (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$) relevés par jauges Owen de 2015 à 2017 sur les sites de la Forêt Nord et de Port Boisé. Les niveaux de retombées insolubles totales par campagne de prélèvements sont disponibles en annexe 3.

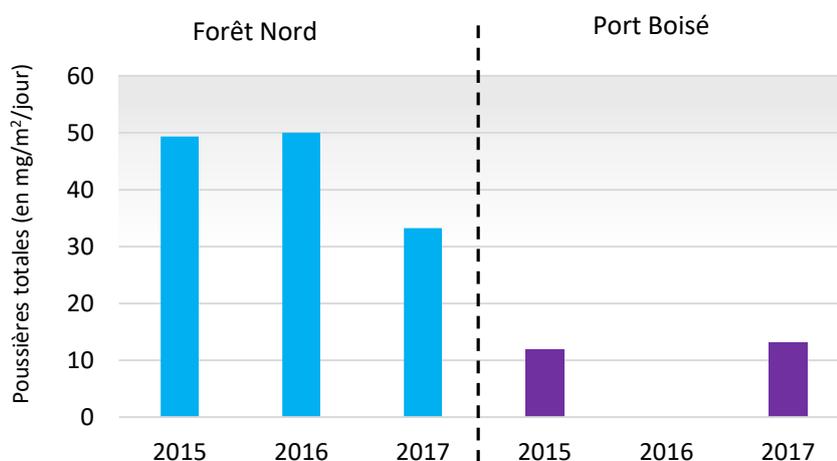


Figure 5 : Niveaux moyens de retombées de poussières par année et par station (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$)

⇒ **Les niveaux moyens de poussières totales mesurés sur le réseau de mesures entre 2015 et 2017 sont en dessous du seuil de $350 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisé par la norme TA LUFT 2002.**

La station de la Forêt Nord est beaucoup plus impactée par les retombées de poussières que celle de Port Boisé. En effet, sur la période étudiée les niveaux moyens en poussières sont d'environ $30\text{-}50 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à la Forêt Nord, contre moins de $15 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à Port Boisé. Le niveau maximal de poussières collectées est de $108 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ à Port Boisé (en juin 2016, voir annexe 3), ce qui est six fois supérieur au niveau maximal de Port Boisé ($18 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ collectés en octobre 2017), qui semble peu impacté par les poussières. Aucune retombée n'a d'ailleurs été quantifiable en 2016 à Port Boisé. On note également que les valeurs semblent homogènes tout au long l'année, ainsi que d'une année à l'autre.

L'emplacement des stations ainsi que les vents dominants de la région peuvent expliquer ces différences de niveaux d'empoussièrement. En effet, la station de la Forêt Nord se trouve à proximité de la zone industrielle de VALE NC (à environ 1 km au nord), et les vents de secteur nord-est ont tendance à disperser les poussières des sites d'extraction vers la Forêt Nord, alors que ceux de secteurs sud à sud-ouest dispersent les polluants de l'usine vers la Forêt Nord. La circulation des véhicules sur pistes au sein du complexe industriel est

également susceptible de favoriser la mise en suspension de poussières. L'emplacement du site de Port Boisé à proximité de la mer, à environ 5 kms, est hors d'influence de l'activité minière.

6.2. Mesure des métaux lourds

Les figures 6 à 11, ainsi que le tableau 4 présentent les teneurs moyennes annuelles en métaux lourds (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) au niveau des stations de la Forêt Nord et de Port Boisé, pour la période 2015-2017. Il s'agit d'une moyenne des valeurs mesurées lors des 6 campagnes annuelles de prélèvements. Les valeurs minimale et maximale par année, par métal et par site de prélèvement sont données en annexe 4 et les graphiques représentant les teneurs en métal de chacune de ces 6 campagnes sont disponibles en annexe 5. Les concentrations inférieures aux limites de quantification ne sont pas prises en compte.

Tableau 4 : Teneurs moyennes en métaux lourds (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) des retombées atmosphériques par année sur le réseau de mesures du Sud

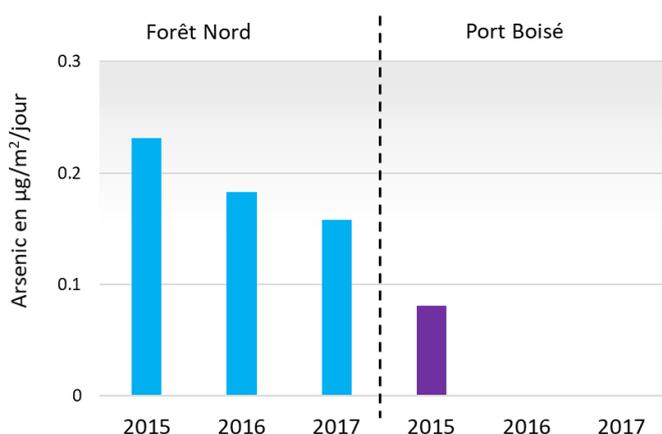
Site de mesures	Station de mesure de Forêt Nord						Station de mesure de Port Boisé					
	Métal	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg	As	Cd	Ni	Pb	Zn
Seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	4	2	15	100	400	1	4	2	15	100	400	1
Moyenne 2015	0.23	0.09	204.78	0.83	16.81	0.04	0.08	ND	7.98	0.16	48.93	0.01
Moyenne 2016	0.18	0.07	329.84	0.94	14.66	0.06	ND	0.34	9.24	0.15	22.80	0.03
Moyenne 2017	0.16	0.12	77.61	0.49	11.01	0.03	ND *	ND	11.98	0.17	25.88	0.02

Données en gras : Moyenne annuelle max sur le réseau d'étude pour l'année considérée

Données en rouge : Valeur supérieure au seuil préconisé

*ND : Non Déterminé (< limite de quantification)

▪ Arsenic



⇒ **Les teneurs moyennes en arsenic dans les retombées atmosphériques ne dépassent pas le seuil de $4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisé par la TA LUFT 2002.**

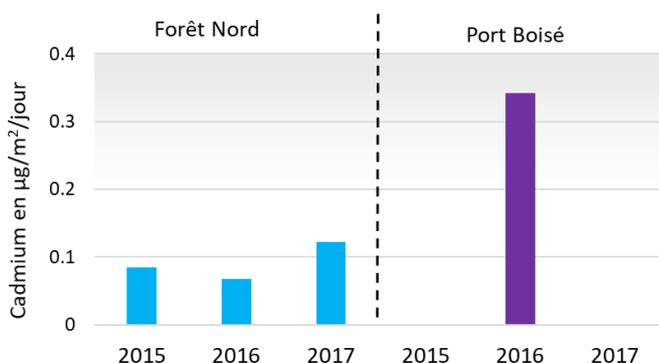
Figure 6 : Teneurs moyennes en arsenic dans les retombées atmosphériques

Les teneurs moyennes en arsenic sont faibles, inférieures à $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ au niveau des deux stations. Les niveaux moyens à la Forêt Nord sont supérieurs à ceux retrouvés à Port Boisé. Ils restent néanmoins du même ordre de grandeur au niveau des deux stations.

Les résultats obtenus par campagne sont également du même ordre de grandeur au cours de l'année ainsi qu'au niveau des deux sites. Le niveau d'arsenic le plus haut est mesuré à la Forêt Nord en 2015 avec $0.47 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$,

celui le plus bas, à Port Boisé est de 0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. A noter également qu'à Port Boisé, seules les campagnes de février et août 2015 ont permis de détecter de l'arsenic, les teneurs des autres campagnes étant trop faibles pour être détectées par le laboratoire.

▪ **Cadmium**



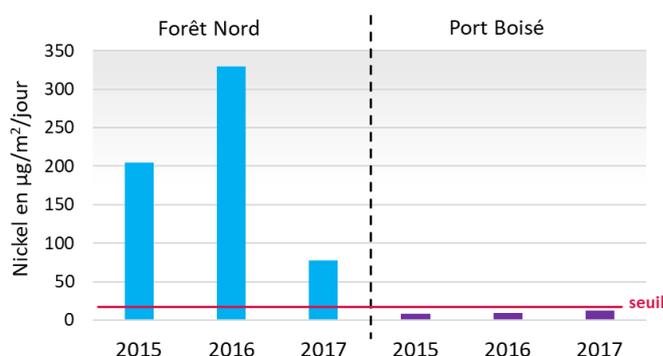
⇒ **Les teneurs moyennes en cadmium dans les retombées atmosphériques ne dépassent pas le seuil de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ précisé par la TA LUFT 2002.**

Figure 7 : Teneurs moyennes en cadmium dans les retombées atmosphériques

Les niveaux moyens en cadmium sont très faibles à la Forêt Nord et à Port Boisé. La concentration moyenne en cadmium en 2016 à Port Boisé (0.34 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$; tableau 4) est supérieure à celles relevées sur le site de la Forêt Nord. Les teneurs moyennes minimales, mesurées à la Forêt Nord, sont de 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. A noter qu'à Port Boisé, les teneurs en cadmium en 2015 et 2017, en dessous de la limite de quantification, ne sont pas visibles sur le graphique et que la valeur de 2016 ne se base que sur le seul prélèvement dans lequel du cadmium a été détecté cette année-là.

Les résultats obtenus par campagne sont homogènes et du même ordre de grandeur au cours de l'année ainsi qu'au niveau des deux sites. Les teneurs étant très faibles, on ne trouve des niveaux supérieurs au seuil de détection du laboratoire que pour 4 des 18 campagnes à la Forêt Nord, et 1 seule, en février 2016 à Port Boisé.

▪ **Nickel**



⇒ **Les teneurs moyennes en nickel dans les retombées atmosphériques dépassent très largement le seuil de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisé par la TA LUFT 2002 à la Forêt Nord, mais restent en dessous du seuil à Port Boisé.**

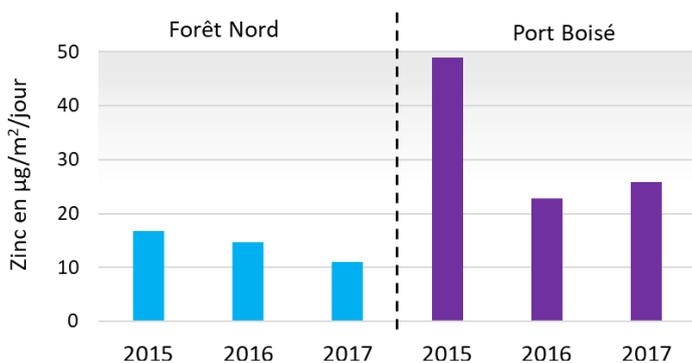
Figure 8 : Teneurs moyennes en nickel dans les retombées atmosphériques

Compte tenu du contexte géologique du Sud, où le nickel se trouve à l'état naturel dans le sol, la présence de nickel dans les retombées atmosphériques se retrouve à la fois au niveau de la Forêt Nord et de Port Boisé. A la Forêt Nord, le seuil limite préconisé de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ est dépassé jusqu'à 20 fois, avec des teneurs moyennes maximales de 330 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ en 2016. A Port Boisé, les teneurs moyennes sont comprises entre 7.98 et 11.98 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

Il faut noter que le seuil limite est dépassé constamment à la Forêt Nord, et lors de 4 campagnes sur les 18 à Port Boisé. Le niveau maximal en nickel d'une valeur de 863.0 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ a été mesuré lors de la campagne de juin 2016 à la Forêt Nord. Cela est 22 fois supérieur au niveau maximal mesuré à Port Boisé en août 2017 (38 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$). On note également qu'à la station de la Forêt Nord les niveaux sont plus faibles et semblent homogènes tout au long de l'année en 2017, ce qui n'est pas le cas en 2015 et 2016.

Ces valeurs élevées de nickel dans les retombées atmosphériques peuvent s'expliquer par la proximité de cette station avec les sites industriels de VALE NC.

▪ **Zinc**



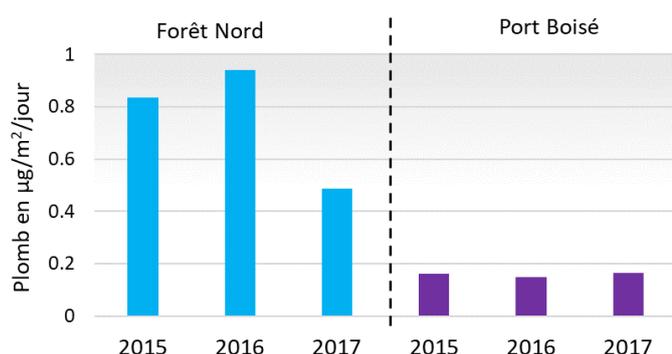
⇒ **Les teneurs moyennes en zinc dans les retombées atmosphériques ne dépassent pas le seuil suisse fixé à 400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.**

Figure 9 : Teneurs moyennes en zinc dans les retombées atmosphériques

Des niveaux relativement faibles de zinc dans les retombées atmosphériques ont été mesurés au niveau des stations de la Forêt Nord et de Port Boisé au cours des trois années de mesures. Les niveaux moyens en zinc dans les retombées sont plus élevés au niveau de la station de Port Boisé, avec des valeurs allant de 22 à 49 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, contre 11 à 17 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ au niveau de la station de la Forêt Nord.

Aucune campagne de prélèvements ne dépasse le seuil limite. Un pic de la teneur en zinc est cependant mesuré lors de la campagne de février 2015 à Port Boisé, avec 101.09 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. On note également que la teneur en zinc semble être plus ou moins homogène au cours de l'année et sur la période de 3 ans à la Forêt Nord, ce qui ne semble pas être le cas à Port Boisé, qui montre des niveaux beaucoup plus variables.

▪ Plomb



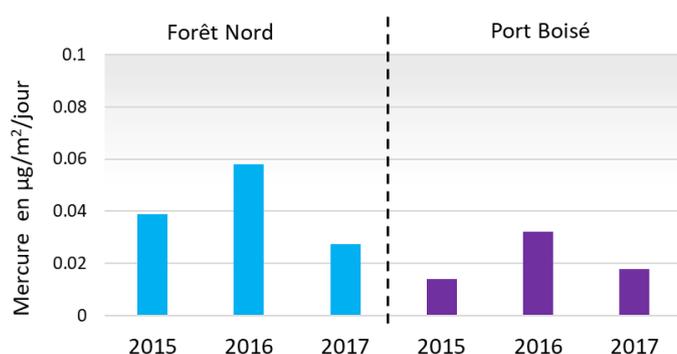
⇒ **Les teneurs moyennes en plomb dans les retombées ne dépassent pas le seuil de 100 µg/m²/jour préconisé par la TA LUFT 2002.**

Figure 10 : Teneurs moyennes en plomb dans les retombées atmosphériques

Les niveaux moyens de plomb dans les retombées atmosphériques sont faibles au niveau des deux sites, avec des valeurs moyennes inférieures à 1 µg/m²/jour. Les niveaux sont légèrement supérieurs au niveau de la station de la Forêt Nord mais restent toutefois très inférieurs au seuil préconisé.

Les résultats obtenus par campagne sont du même ordre de grandeur toute l'année et au niveau des deux sites de prélèvements. A Port Boisé, les teneurs en plomb sont inférieures au seuil de détection du laboratoire lors de plusieurs campagnes.

▪ Mercurure



⇒ **Les teneurs moyennes en mercurure dans les retombées ne dépassent pas le seuil de 1 µg/m²/jour préconisé par la TA LUFT 2002.**

Figure 11 : Teneurs moyennes en mercurure dans les retombées atmosphériques

Les niveaux moyens de mercurure dans les retombées atmosphériques sont faibles et du même ordre de grandeur au niveau des sites de Forêt Nord et de Port Boisé, de l'ordre 0.01 à 0.06 µg/m²/jour, soit 10 à 15 fois inférieurs au seuil préconisé. La valeur maximale de 0.12 µg/m²/jour relevés en août 2016 à la Forêt Nord et en Février 2016 à Port Boisé, est également très en dessous du seuil de 1 µg/m²/jour. On note des valeurs légèrement supérieures aux autres en 2016.

Les teneurs en mercure contenues dans les retombées atmosphériques sont globalement homogènes au cours des campagnes et des années au niveau des deux sites de prélèvements. Deux valeurs plus élevées, une en février 2016 (0.12 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) à Port Boisé, et l'autre en août 2016 (0.12 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) à la Forêt Nord expliquent pourquoi les teneurs moyennes de 2016 sont supérieures aux années 2015 et 2017, les teneurs des autres campagnes étant beaucoup plus faibles.

7. Conclusion

L'étude des poussières totales et des métaux contenus dans les retombées atmosphériques permet de suivre les niveaux de polluants auxquels la région du Sud de la Nouvelle-Calédonie est exposée, et d'établir les conclusions et hypothèses suivantes.

- **Respect des seuils préconisés pour les poussières totales et les métaux lourds, à l'exception du nickel**

poussières totales	nickel	zinc	arsenic	cadmium	plomb	mercure
✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓

Les niveaux de poussières totales mesurés dans le Sud sont inférieurs à la valeur limite de 350 mg/m²/jour fixée par la norme allemande du TA LUFT 2002 comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante ». Les niveaux maximums d'empoussièrément ont été relevés sur la station de la Forêt Nord, tandis qu'à Port Boisé l'empoussièrément est faible.

Concernant les métaux lourds, ils respectent pour la plupart les seuils préconisés par la norme allemande TA LUFT 2002. En effet, les seuils sont respectés à Port Boisé ainsi qu'à la Forêt Nord, pour l'arsenic, le cadmium, le mercure, le plomb et le zinc, qui enregistrent des valeurs faibles à très faibles. Les teneurs en nickel des retombées atmosphériques respectent également cette norme à Port Boisé. En revanche, à la Forêt Nord les teneurs en nickel dépassent très largement le seuil limite, et cela sur les trois années de mesures. Au niveau de cette station les teneurs moyennes en nickel dans les retombées peuvent atteindre jusqu'à 20 fois la valeur du seuil préconisé par la norme allemande de 15 µg/m²/jour.

- **Variations des niveaux de poussières et des niveaux en métaux lourds dans les retombées atmosphériques**

Empoussièrément, nickel, arsenic, et plomb se trouvent en teneurs plus élevées au niveau de la station de la Forêt Nord qu'au niveau de celle de Port Boisé. Au contraire, le Zinc est plus présent à Port Boisé. Quant aux teneurs moyennes en cadmium et en mercure, elles ne décrivent pas de tendance aussi tranchée.

L'étude des retombées atmosphériques et des conditions météorologiques (pluviométrie, vents), montrent qu'empoussièrément et teneurs en métaux lourds dépendent essentiellement de la position des stations, particulièrement en regard de la localisation du complexe minier VALE NC, et des vents présents dans la région. En effet, dans cette région du grand Sud Calédonien, les vents de secteurs est à sud-est, voire sud/sud-est sont majoritaires. La proximité de la station de la Forêt Nord avec le complexe minier (sites d'extraction et pistes au nord-est, et usine et centrale thermique au sud/sud-ouest) et son emplacement sous les vents expliquent les teneurs en poussières et en métaux lourds plus élevées à la Forêt Nord, ainsi que leur origine

industrielle. L'éloignement de la station de Port Boisé (environ 5 kms au sud-est) en fait une zone hors de l'influence de l'industriel VALE NC en régime de vents dominants.

La présence de zinc dans les retombées atmosphériques au niveau des deux stations, avec des teneurs non négligeables et plus élevées à Port Boisé (site hors d'influence du complexe minier) pourrait traduire une origine naturelle de ce métal dans les retombées atmosphériques, par mise en suspension ou par apport direct via les précipitations ou les aérosols marins.

Notons également la teneur en cadmium trois fois plus élevée à Port Boisé qu'à la Forêt Nord en 2016, bien que les teneurs en 2015 et 2017 soient quasi égales à zéro.

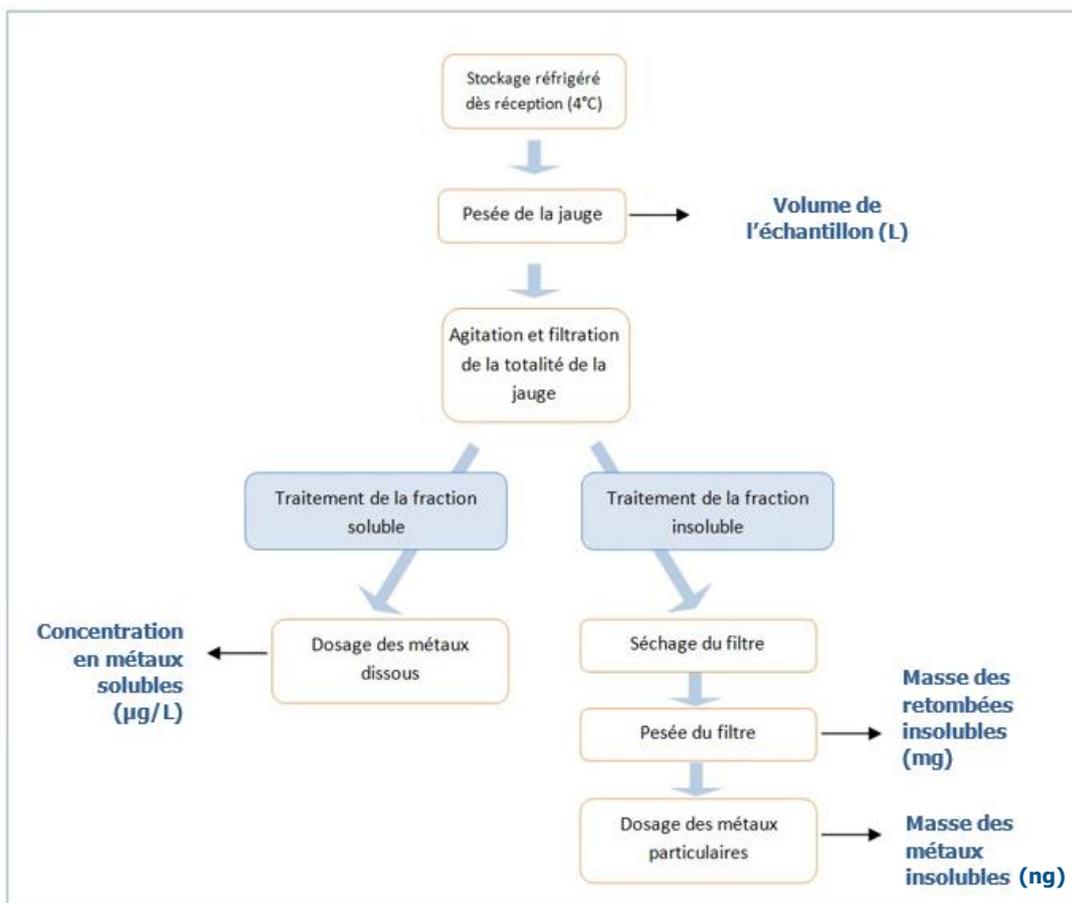
Enfin, bien qu'inférieures à Port Boisé, les teneurs en mercure restent semblables à celles de la Forêt Nord avec des teneurs maximales de 0.58 et 0.32 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ respectivement.

Ces résultats ne permettent cependant pas d'émettre d'hypothèses quant à l'origine des teneurs en cadmium et en mercure dans les retombées atmosphériques.

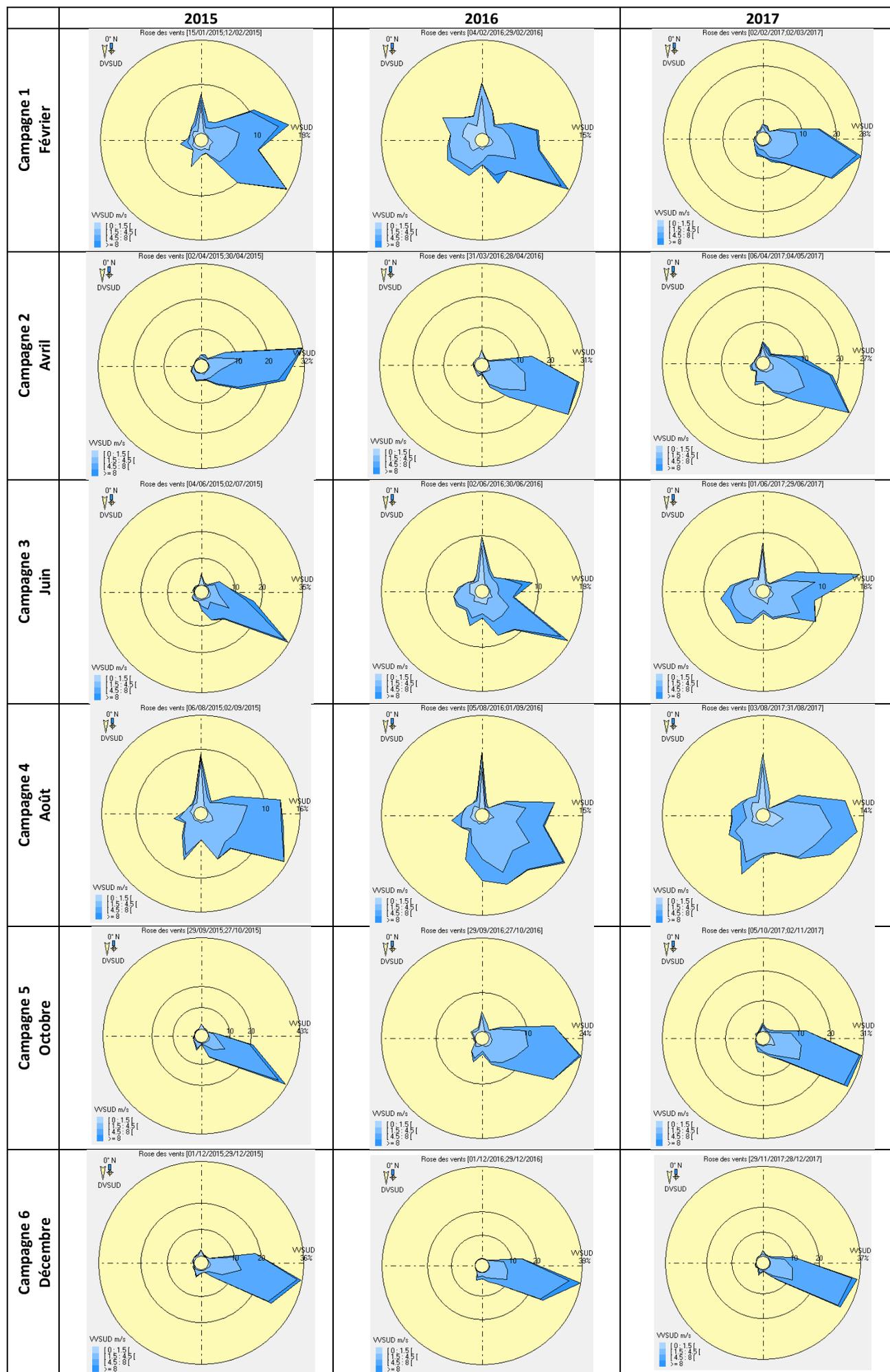
Le calendrier de collecte bimestriel des métaux lourds et des poussières totales est conservé pour l'année 2018.

Annexes

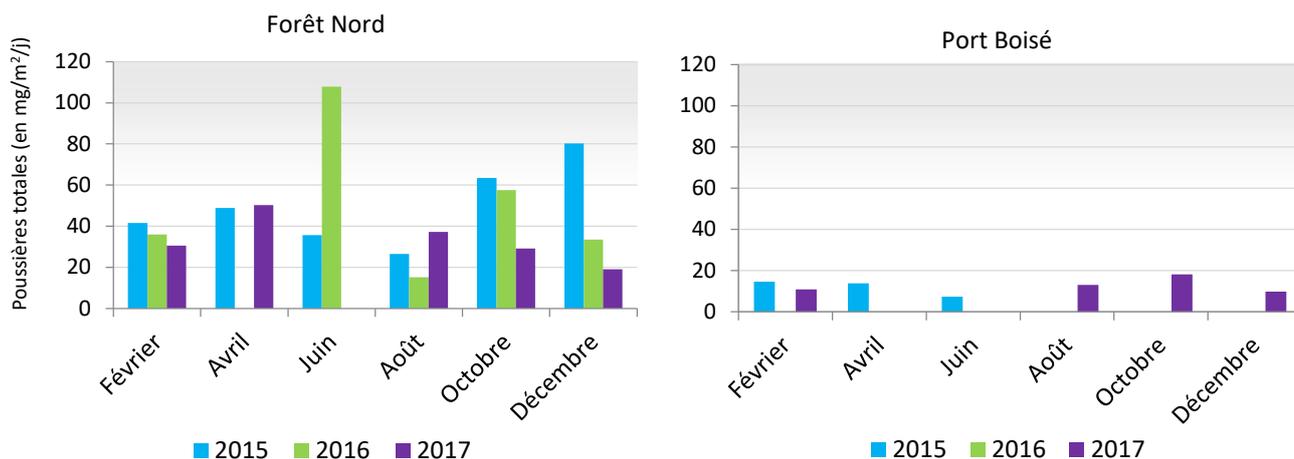
Annexe 1 : Protocole de traitement et d'analyse des échantillons de retombées atmosphériques développé par AEL



Annexe 2 : Roses des vents des 6 campagnes de collecte des retombées atmosphériques à Nouméa entre 2015 et 2017 (Source : Météo France)



Annexe 3 : Retombées atmosphériques insolubles totales par station, campagne et année (en mg/m²/jour)



Annexe 4 : Tableau récapitulatif des valeurs minimales et maximales des teneurs en métaux lourds dans les retombées atmosphériques, et des poussières (retombées atmosphériques insolubles totales) par année et par station

Site de mesures	Station de mesures de Forêt Nord							
	Métal	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg	Poussières
Seuil (µg/m ² /j)		4	2	15	100	400	1	350 mg/m ² /j
valeur		min / max	min / max	min / max	min / max	min / max	min / max	min / max
2015		0.09 / 0.47	0.07 / 0.10	74.13 / 415.01	0.46 / 1.34	5.34 / 43.46	0.01 / 0.09	26.46 / 80.17
2016		0.09 / 0.34	0.07 / 0.07	26.90 / 863.80	0.21 / 1.59	4.65 / 38.05	0.02 / 0.12	15.12 / 107.87
2017		0.13 / 0.19	0.12 / 0.12	27.45 / 201.04	0.20 / 0.76	6.20 / 22.09	0.01 / 0.04	19.00 / 50.29

Site de mesures	Station de mesures de Port Boisé							
	Métal	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg	Poussières
Seuil (µg/m ² /j)		4	2	15	100	400	1	350 mg/m ² /j
valeur		min / max	min / max	min / max	min / max	min / max	min / max	min / max
2015		0.08 / 0.08	ND	3.81 / 17.15	0.12 / 0.23	6.33 / 101.49	0.01 / 0.02	7.29 / 14.58
2016		ND	0.34 / 0.34	2.86 / 22.82	0.09 / 0.20	6.17 / 38.87	0.01 / 0.12	ND
2017		ND	ND	1.02 / 38.81	0.10 / 0.28	4.75 / 53.39	0.01 / 0.04	9.85 / 18.22

Annexe 5 : Teneurs en métaux lourds dans les retombées atmosphériques par station, campagne et année (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

