

Association Calédonienne de
Surveillance de la Qualité de l'Air

Mesure des retombées atmosphériques à Nouméa et dans le Sud en 2014



Conditions de diffusion

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

A ce titre et compte tenu de son objet statutaire à but non lucratif, Scal'Air se veut garante de la transparence de l'information concernant ses données et rapports d'études.

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

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

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

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

Intervenants

- *Intervenants techniques :*

- Supervision technique : Alexandre Tchin
- Assistance technique : Claire Chéron, Dominique Blanc

- *Intervenants études :*

- Rédaction rapport / coordination : Philippe Escoffier
- Tiers examens du rapport : Sylvain Gleye, Alexandre Tchin, Claire Chéron
- Approbation finale : Sylvain Gleye

Sommaire

Liste des figures	7
Liste des tableaux	9
1. Introduction	11
2. Intercomparaison des méthodes d'analyses des laboratoires AEL et Micropolluants Technologie	13
3. Méthode de prélèvement et d'analyse	14
3.1. Prélèvement des retombées atmosphériques	14
3.2. Analyse des échantillons	15
3.3. Expression des résultats	15
4. Règlementation	17
4.1. Valeurs limites de référence	17
4.2. Règlementation ICPE	18
5. Plan d'échantillonnage	19
6. Les métaux lourds	22
6.1. L'arsenic	22
6.2. Le cadmium	23
6.3. Le plomb	23
6.4. Le nickel	24
6.5. Le mercure	24
6.5. Le zinc	25
7. Conditions météorologiques	26
7.1. Pluviométrie	26
7.1.1. Nouméa	26
7.1.2. Le sud de la Nouvelle-Calédonie	27
7.2. Roses des vents	28
7.2.1. Nouméa	28
7.2.2. Le Sud de la Nouvelle-Calédonie	29
8. Résultats	30
8.1. Nouméa	30
8.1.1. Retombées atmosphériques insolubles totales	30
8.1.2. Mesure des métaux - fraction insoluble	31

8.1.3. Mesure des métaux - fractions solubles	34
8.1.4. Comparaison des fractions solubles et insolubles et moyennes annuelles sur les sites de mesures.....	36
8.2 Le Sud de la Nouvelle-Calédonie	40
8.2.1. Retombées atmosphériques insolubles totales.....	40
8.2.2. Mesure des métaux - fraction insoluble.....	41
8.2.3. Mesure des métaux - fractions solubles	43
8.2.4. Comparaison des fractions solubles et insolubles et moyennes annuelles sur les sites de mesures.....	44
9. Conclusion	48

Liste des figures

<i>Figure 1 : Plaquette de dépôt (DIEM).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 2 : Schéma de structure d'une jauge Owen</i>	<i>14</i>
<i>Figure 3 : Jauge Owen installée sur le toit de la station de Montravel.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 4 : Protocole de traitement et d'analyse des retombées atmosphériques développé par AEL.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 5 : Sites de collecte des retombées atmosphériques à Nouméa</i>	<i>19</i>
<i>Figure 6 : Sites de collecte des retombées atmosphérique dans le sud de la Nouvelle-Calédonie</i>	<i>20</i>
<i>Figure 7 : Chronologie des campagnes de collecte des retombées atmosphériques dans le sud de la Nouvelle-Calédonie et à Nouméa</i>	<i>21</i>
<i>Figure 8 : Pluviométrie et volume moyen recueilli par jauge Owen à Nouméa (Source Météo-France)</i>	<i>26</i>
<i>Figure 9 : Pluviométrie et volume moyen recueilli par jauge dans le sud</i>	<i>27</i>
<i>Figure 10 : Roses des vents relevés durant les 6 campagnes de collecte des retombées atmosphériques à Nouméa (Source : Météo-France).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 11 : Roses des vents relevés durant les 2 campagnes de collecte des retombées atmosphériques dans le sud de la Nouvelle Calédonie (Source : Météo-France)</i>	<i>29</i>
<i>Figure 12 : Retombées atmosphériques insolubles totales (en mg/m²/jour).....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 13 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble</i>	<i>32</i>
<i>Figure 14 : Teneur en arsenic dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 15 : Teneur en plomb dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble</i>	<i>32</i>
<i>Figure 16 : Teneur en cadmium dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble</i>	<i>32</i>
<i>Figure 17 : Teneur en mercure dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble</i>	<i>33</i>
<i>Figure 18 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 19 : Teneur en zinc dissous dans les retombées atmosphériques - fraction soluble</i>	<i>35</i>
<i>Figure 20 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction soluble</i>	<i>35</i>
<i>Figure 21 : Répartition moyenne de la fraction soluble des retombées atmosphériques totales des métaux lourds par site de prélèvement.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 22 : retombées atmosphériques insolubles totales (en mg/m²/jour).....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 23 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble</i>	<i>41</i>
<i>Figure 24 : Teneur en arsenic dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble.....</i>	<i>41</i>

Figure 25 : Teneur en plomb dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble..42
Figure 26 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble...42
*Figure 27 : Teneur en cadmium dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble
.....42*
Figure 28 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction soluble.....44
Figure 29 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction soluble44
*Figure 30 : Répartition moyenne de la fraction soluble des retombées atmosphériques
totales des métaux lourds, par site de prélèvement.....46*

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Valeurs limites allemandes en métaux dans les retombées atmosphériques (TA LUFT 2002).....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 2 : Retombées atmosphériques sur les stations de Montravel et Logicoop - Moyennes annuelles (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 3 : Retombées atmosphériques sur les stations du Faubourg Blanchot et de l'Anse Vata - Moyenne annuelles (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 4 : Retombées atmosphériques sur les stations de Port Boisé et de la Forêt Nord - Moyenne annuelles (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).....</i>	<i>45</i>

1. Introduction

2014 est la septième année complète de surveillance opérationnelle de la qualité de l'air à l'échelle de la ville de Nouméa. C'est également la première année de mesure continue sur l'ensemble des 5 stations du réseau de surveillance du Sud de la Nouvelle-Calédonie.

Le réseau de mesure de Scal'Air est ainsi constitué au total de huit stations fixes et de deux stations (ou laboratoires) mobiles répartis sur l'agglomération de Nouméa et le réseau du Sud. Ces stations, équipées d'analyseurs et préleveurs électroniques, permettent de mesurer en continu les concentrations des divers polluants atmosphériques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, particules fines PM10, métaux lourds, etc.) dans l'air ambiant et de les comparer aux valeurs issues des réglementations françaises, européennes et ICPE en vigueur.

L'atmosphère est un compartiment essentiel du cheminement de l'eau. Il constitue un récepteur géochimique et un milieu de transport préférentiel pour de nombreux éléments traces. La présence des divers éléments 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 émis par ces sources, notamment les métaux traces, est transportée par les aérosols qui sont leur vecteur privilégié. Ces aérosols, définis par une vitesse de chute négligeable, finissent tôt ou tard par se déposer au niveau du sol, sous la forme de dépôt sec (chute gravitaire de l'élément) ou dépôt humide (entraînement par les eaux de pluie).

En compléments 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 sur le réseau du Sud de la Nouvelle-Calédonie est réalisé depuis 2012.

Il a été décidé que ce dispositif de surveillance serait complété en 2014 par l'installation des mêmes préleveurs de retombées atmosphériques sur le réseau de surveillance de Nouméa.

Ce rapport présente les résultats obtenus grâce aux campagnes de collectes des retombées atmosphériques effectuées au cours de l'année 2014, sur la zone d'étude de

Nouméa, au niveau des quatre stations fixes de surveillance de la qualité de l'air (Logicoop, Montravel, Faubourg Blanchot et Anse Vata) et sur deux stations du Sud de la Nouvelle-Calédonie (Port Boisé et Forêt Nord).

2. Intercomparaison des méthodes d'analyses des laboratoires AEL et Micropolluants Technologie

Le protocole de traitement et d'analyse des échantillons prélevés par les échantillonneurs passifs de retombées atmosphériques a été développé au cours des années 2012 et 2013 par le laboratoire local AEL, en collaboration avec Scal'Air et le laboratoire métropolitain Micropolluants Technologie.

Ce protocole répond à la norme NFX43-014 : Détermination des retombées atmosphériques totales.

Les polluants recherchés sont les métaux suivants : arsenic (As), cadmium (Cd), nickel (Ni), plomb (Pb), mercure (Hg) et zinc (Zn) selon les normes :

- 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
- NF EN ISO 11885 : Dosage d'éléments par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)

En outre, la démarche du laboratoire AEL répond à la norme NF T 90-210 : Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire.

La comparaison des résultats des doublons d'échantillons analysés par AEL a permis d'observer une répétabilité satisfaisante de la méthode de traitement et d'analyse. Malgré certains biais liés à la collecte des retombées, au traitement et à l'analyse des retombées atmosphériques, les retombées insolubles et les concentrations en métaux insolubles et solubles montrent une reproductibilité satisfaisante.

3. Méthode de prélèvement et d'analyse

3.1. Prélèvement des retombées atmosphériques

Le dispositif de prélèvement utilisé s'appuie sur la norme NF X 43-014, il s'agit de jauge OWEN. Les jauges Owen, grâce à un système d'entonnoir, permettent d'échantillonner les retombées totales sèches mais aussi humides (précipitations) qui retombent au niveau du sol.

Précédemment le dispositif de prélèvement des retombées atmosphériques par plaquette de dépôt dit « plaquette Diem » était utilisé. Il devrait être abandonné en 2016, au profit des jauges Owen, ce dispositif ayant le double inconvénient de ne pas récupérer les retombées atmosphériques humides et d'occasionner la perte d'une partie des poussières lors des épisodes de pluies. Les poussières déposées sur la plaquette étant « lessivées » par les précipitations.

La mesure par collecteur de type Jauge Owen est donc théoriquement plus précise.

La jauge Owen est composée d'un récipient plastique de forme cylindrique et d'une contenance de 25 litres, surmonté d'un entonnoir dont le diamètre est connu. Contrairement aux mesures dans l'air ambiant faites au niveau des stations de mesure fixes ou mobiles équipant les réseaux de surveillance, aucune aspiration n'est nécessaire puisque les retombées atmosphériques entrent de façon gravitaire dans l'entonnoir puis dans le bidon de récupération.

La quantité de dépôt recueillie est donc dépendante 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.

Une grille, posée sur l'ensemble, permet d'empêcher l'entrée de macro particules telles que les feuilles, les branches ou certains petits animaux et un plastique noir entoure le récipient de récupération pour limiter la formation d'algues due à la lumière du soleil.



Figure 1 : Plaquette de dépôt (Diem)

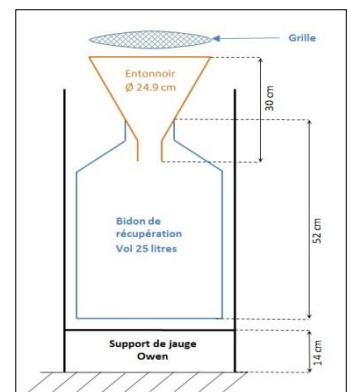


Figure 3 : Schéma de structure d'une jauge Owen



Figure 2 : Jauge Owen installée sur le toit de la station de Montravel

3.2. Analyse des échantillons

Le protocole d'analyse des échantillons développé par AEL est décrit dans le schéma ci-après :

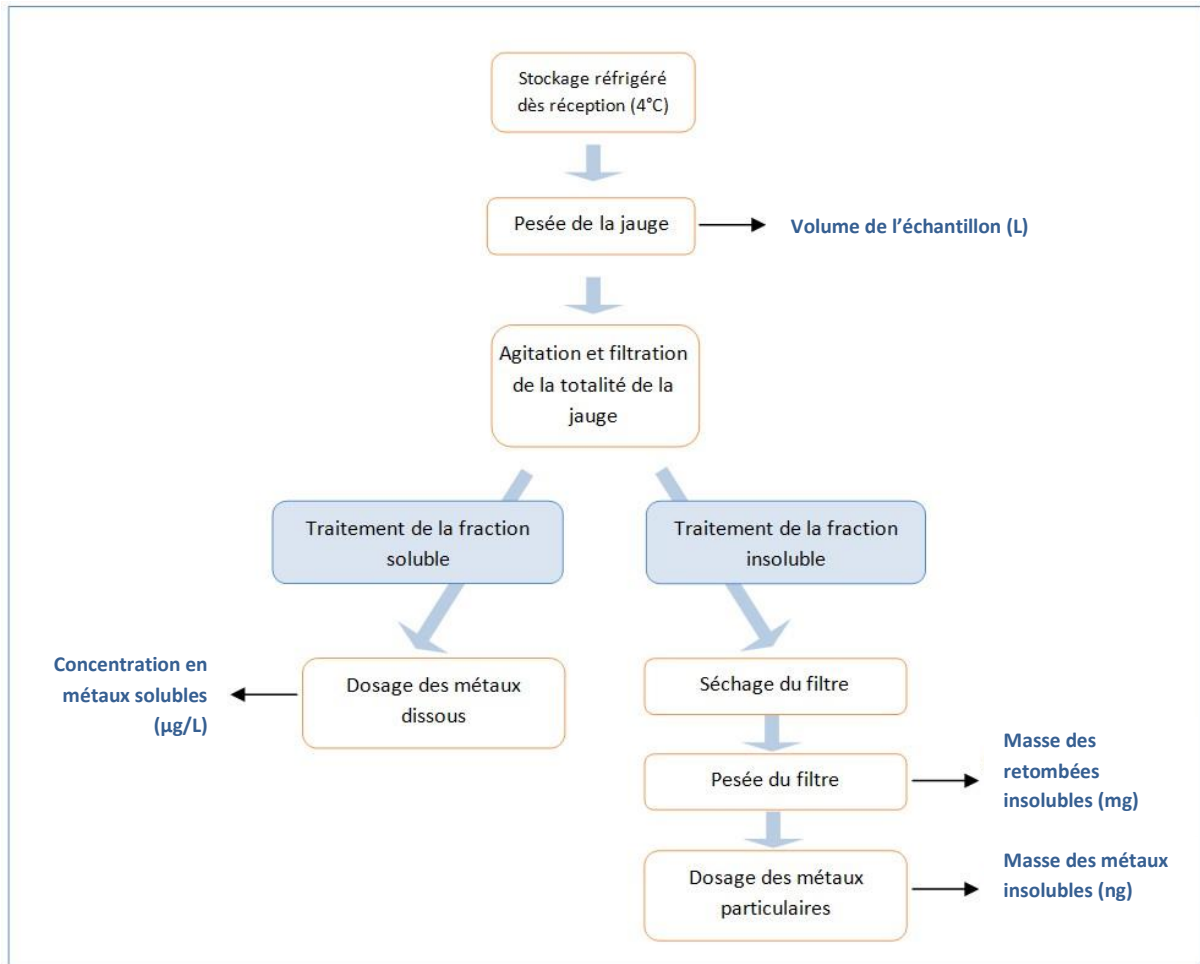


Figure 4 : Protocole de traitement et d'analyse des retombées atmosphériques développé par AEL

3.3. Expression des résultats

Pour chaque échantillon, le laboratoire d'analyse AEL transmet les résultats des analyses suivantes :

- Volume d'eau recueilli dans la jauge (L)
- Masse des retombées insolubles, valeur exprimée en unité de masse (mg).
- Dosage des métaux dissous, valeur exprimée en unité de masse par unité de volume (µg/L).
- Masse des métaux insolubles, unité de masse par échantillon (ng/échantillon).

Afin de pouvoir comparer ces données aux normes existantes, une conversion des résultats est nécessaire pour les exprimer en unité de masse par unité de surface par unité de temps, de type $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ ou $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

Pour cela, seront pris en compte la durée d'exposition des jauges (en jours) et le diamètre connu de l'entonnoir permettant de calculer les masses de retombées atmosphériques par unité de surface et de temps.

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 la valeur de 350 mg/m²/jour (de poussières) comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante ».

Cette norme définit également des valeurs de référence en métaux contenus dans les retombées :

Tableau 1 : Valeurs limites allemandes en métaux dans les retombées atmosphériques (TA LUFT 2002)

Métaux	Valeurs limites (µg/m²/jour)
Arsenic (As)	4
Plomb (Pb)	100
Cadmium (Cd)	2
Nickel (Ni)	15
Mercure (Hg)	1
Thallium	2

Nota : Le Thallium ne fera pas l'objet d'analyse dans cette étude.

La norme ne précise aucune valeur de référence pour le Zinc mais la littérature mentionne la valeur limite suisse dans les retombées de poussières à 400 µg/m²/jour.

La norme du TA LUFT est habituellement utilisée pour les campagnes de surveillance de sites présentant un risque fort de retombées de poussières (à proximité d'usines de ciment, de carrières, etc.).

4.2. Règlementation ICPE

A Nouméa, l'arrêté ICPE modifié 11387-2009 autorisant la Société Le Nickel à poursuivre l'exploitation de son usine de traitement de minerai de nickel de Doniambo, prescrit l'obligation d'une surveillance des retombées de poussières.

Dans le Sud, l'arrêté ICPE 1467-2008-PS du 09/10/2008 autorisant la société Goro Nickel SAS (société VALE NC) à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel [...] et les études de définition auxquelles fait référence cet arrêté prescrivent d'effectuer 2 campagnes de 30 jours chacune pour la mesure des retombées de poussières sur les sites de la Forêt Nord et de Port Boisé.

5. Plan d'échantillonnage

Sur Nouméa, l'année 2014 a fait l'objet d'une campagne de mesure des retombées totales par Jauge Owen selon un plan d'échantillonnage bimestriel (tous les deux mois). Sur chacun des sites et pour chaque période, 1 jauge a été installée.

Les sites où ont été installés les dispositifs de prélèvement des retombées atmosphériques correspondent aux 4 stations fixes de mesures de la qualité de l'air sur Nouméa :

- Logicoop, station de typologie industrielle, sous les vents dominants par rapport au site industriel de Doniambo,
- Montravel, station urbaine sous influence industrielle (en proximité immédiate avec le site industriel),
- Faubourg Blanchot, station urbaine,
- Anse Vata, station péri-urbaine.

Les cartes suivantes présentent la répartition des points de collectes des retombées atmosphériques sur Nouméa et dans le sud de la Nouvelle-Calédonie.

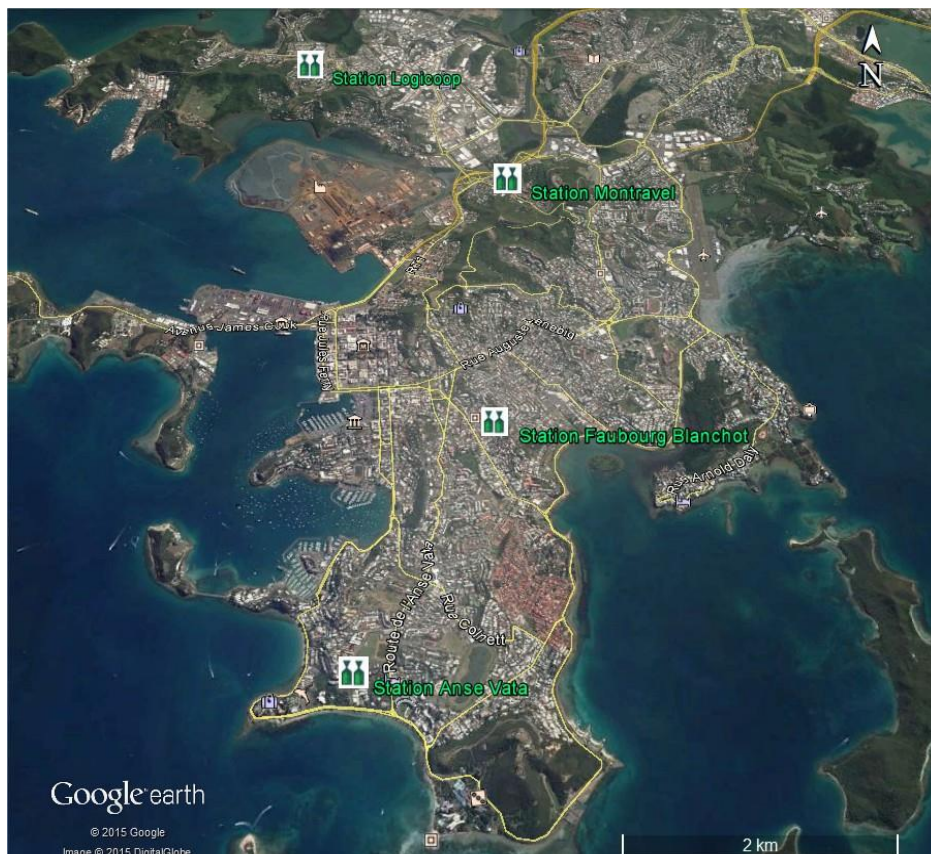


Figure 5 : Sites de collecte des retombées atmosphériques à Nouméa

Conformément à l'arrêté ICPE 1467-2008-PS du 09/10/2008 concernant le site de Goro, les prélèvements se sont déroulés sur deux campagnes de collecte sur l'année, correspondant à deux périodes saisonnières. L'une se déroulant pendant l'hiver austral (saison sèche) et l'autre pendant l'été austral (saison humide).



Figure 6 : Sites de collecte des retombées atmosphérique dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie

Le planning des campagnes de mesures choisi, permet de respecter le critère de période minimale qualifiant une mesure comme indicative d'une période (14%), défini par la directive européenne 2008/50/CE et ainsi d'obtenir des données représentatives des 2 saisons fraîches et chaudes.

Le schéma ci-après reprend la chronologie des campagnes de collecte sur les deux zones d'étude.

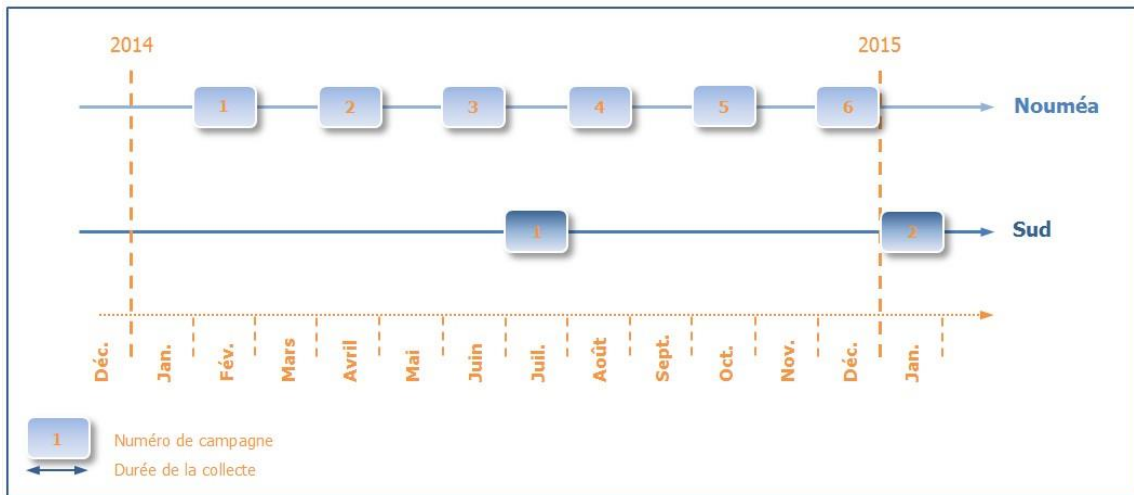


Figure 7 : Chronologie des campagnes de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie et à Nouméa en 2014

6. Les métaux lourds

Certains métaux présentent un caractère toxique pour la santé et l'environnement, notamment : le plomb (Pb), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le nickel (Ni) et le zinc (Zn).

Les métaux lourds peuvent provenir de certains procédés industriels spécifiques dont ceux utilisant la combustion de charbon, de pétrole ou d'ordures ménagères.

Ils se retrouvent généralement dans les particules et poussières sédimentables ou en suspension dans l'air, à l'exception du mercure qui est également gazeux.

Les métaux lourds peuvent 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.

6.1. L'arsenic

Physico-chimie

L'arsenic est principalement présent sous forme de particules composées majoritairement d'oxydes (As_2O_3 , As_2O_5), de sulfures (As_2S_3 , As_2S_5) et de certains composés organiques, comme le monométhylarsine (CH_3AsH_2) et le diméthylarsine ($(CH_3)_2AsH$). Il existe aussi des formes volatiles, telles que l'arsine gazeux (AsH_3) ou des espèces organiques méthylées.

Sources

Les rejets d'arsenic sont imputables à la présence de traces de ce métal dans les combustibles minéraux solides, dans les fiouls lourds et également dans certaines matières premières utilisées dans des procédés comme la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux.

Impacts sanitaires et environnementaux

Les différentes formes particulaires de l'arsenic dans l'air ambiant peuvent se déposer dans l'appareil respiratoire, passer dans le sang et avoir une action sur de multiples organes. Classé comme cancérigène de groupe 1 par le CIRC, l'arsenic est susceptible de favoriser les cancers du poumon et de la peau.

6.2. Le cadmium

Physico-chimie

Le cadmium se trouve essentiellement sous forme particulaire dans l'air ambiant, la forme la plus courante étant l'oxyde de cadmium.

Sources

Les principales sources de cadmium sont l'incinération des déchets ménagers, la sidérurgie et la métallurgie des non ferreux (production de zinc notamment). Des progrès importants ont été obtenus en ce qui concerne les émissions de métaux lourds par les installations d'incinération d'ordures ménagères. Dans une moindre mesure, on note également des émissions par les secteurs résidentiels et tertiaires. La combustion à partir des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse engendre une part significative des émissions.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le cadmium est un toxique cumulatif, c'est-à-dire que ses effets toxiques sur l'organisme ne s'expriment que lorsque l'accumulation dans les tissus atteint un seuil. Il cause des troubles hépato-digestifs, rénaux, sanguins, nerveux et osseux. Les formes particulaires du cadmium sont classées comme cancérogènes de groupe 1 par le CIRC.

6.3. Le plomb

Physico-chimie

Le plomb est essentiellement émis sous la forme de chlorure, de bromure ou d'oxydes de plomb.

Sources

Les sources de plomb dans l'air ambiant sont l'industrie de la fusion de ce matériau, la fabrication de batteries électriques, la fabrication de certains verres (cristal).

En métropole, avant l'interdiction du plomb dans les essences en 2000, la principale source était encore le parc de véhicules à essence (810 tonnes par an en 1998). Le plomb dans l'essence était utilisé comme antidétonant, et se retrouvait dans les gaz d'échappement.

En Nouvelle-Calédonie, la réglementation sur le plomb dans les carburants est récente. C'est l'arrêté n°2009-4401/GNC du 29 septembre 2009 relatif aux caractéristiques de l'essence

importée pour la vente au détail en Nouvelle-Calédonie qui fixe la teneur maximale de plomb à 5 mg/l.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le plomb provoque à forte dose des effets neurologiques aigus, causant à moyen terme le saturnisme.

6.4. Le nickel

Physico-chimie

Le nickel peut se trouver sous des formes particulières et volatiles, comme le nickel carbonyle ($\text{Ni}(\text{Co})_4$).

Sources

De manière générale, les émissions de nickel proviennent de la présence de traces de ce métal dans le fioul lourd. Il faut noter qu'en Nouvelle-Calédonie, la présence du nickel dans l'air ambiant peut être naturelle, du fait de la richesse des sols en cet élément. En outre, l'exploitation des minerais nickélifères sur mine et sur site industriel de valorisation laisse penser que ce métal puisse se retrouver dans l'air ambiant sous la forme de poussières sédimentables ou en suspension.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le nickel de type métal est connu pour ses effets allergènes cutanés, notamment à l'occasion de contact avec des objets usuels (bijoux ou pièces de monnaie...). Dans l'air ambiant, le nickel provoque des pathologies de type irritation et inflammation des voies respiratoires. Le nickel métallique a été classé par le CIRC comme cancérigène possible pour l'homme.

6.5. Le mercure

Physico-chimie

Le mercure est le seul métal se présentant sous forme liquide dans des conditions normales de température et de pression. Il se vaporise facilement sous l'effet de chaleur, sous sa forme pure comme associé à d'autres composés.

Sources

Du mercure est naturellement présent dans l'environnement, mais essentiellement dans les roches du sous-sol. Les émissions de mercure dans le compartiment atmosphérique sont principalement dues au volcanisme et aux activités industrielles telles que la combustion des combustibles fossiles comme le charbon dans les centrales électriques, certaines activités minières (or) ou industrielles comme le recyclage de thermomètres, piles ou lampes au mercure.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le mercure est un puissant neurotoxique et reprotoxique sous ses formes organométalliques, de sels et sous sa forme liquide en elle-même. L'empoisonnement au mercure est appelé « hydrargisme ». Cette toxicité affecte principalement les fonctions cérébrales, rénales et le système endocrinien.

6.5. Le zinc

Physico-chimie

Le nickel peut se trouver sous forme libre et complexée : ion hydraté, zinc complexé par les ligands organiques, adsorbé sur la matière solide ou sous forme oxydée. Le chlorure de zinc et le sulfate de zinc sont très solubles.

Sources

Le zinc est naturellement présent dans les roches magmatiques, les sédiments argileux et schistes de la croûte terrestre, principalement sous forme de blende (sulfure de zinc), on note également des apports naturels par érosion, volcanisme, feux de forêts et aérosols marins. Les apports anthropiques de zinc dans l'environnement résultent principalement d'activités industrielles telles que le traitement du minerai, la galvanisation du fer, la fabrication de gouttières, de piles électriques. Le trafic routier, par l'usure des pneumatiques, participe également à la libération de zinc dans l'environnement.

Impacts sanitaires et environnementaux

Le zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des êtres vivants (il intervient dans plus de 200 enzymes, la synthèse des acides nucléiques et la protection immunitaire). La toxicité généralement faible, est variable selon la forme chimique du zinc.

7. Conditions météorologiques

Les paramètres météorologiques peuvent influencer la présence ou non de polluants dans un prélèvement effectué dans le compartiment atmosphérique. Des températures plus 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. De fortes précipitations favoriseront le lessivage des particules fines et des polluants présents dans l'air ambiant et l'entraînement vers le sol des retombées atmosphériques.

Les conditions météorologiques rencontrées sur les deux zones d'étude et durant les périodes de prélèvement des retombées atmosphériques sont présentées dans les figures 8 et 9.

7.1. Pluviométrie

7.1.1. Nouméa

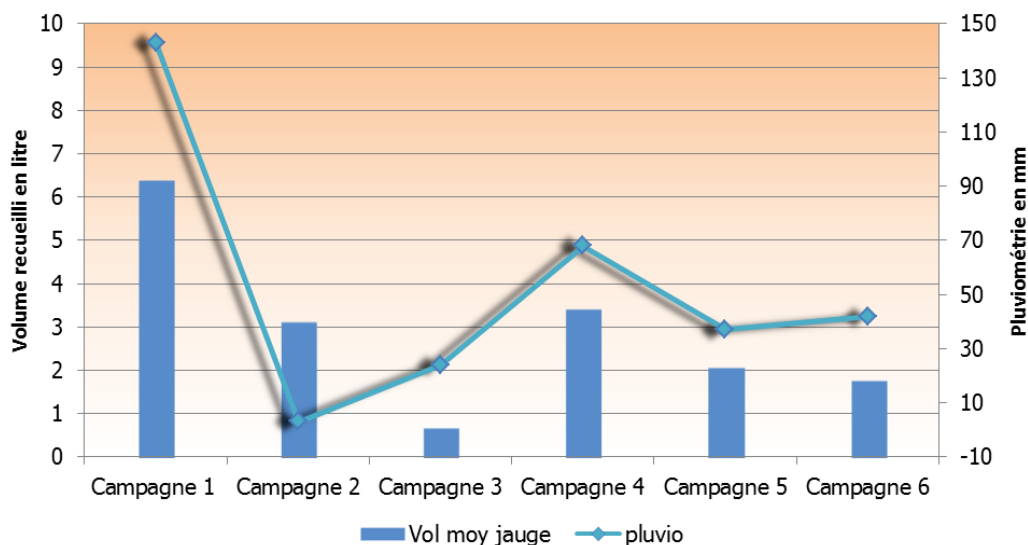


Figure 8 : Pluviométrie et volume moyen recueilli par jauge Owen à Nouméa (Source Météo-France)

La saison fraîche (campagnes 2 à 4) est habituellement une période de faible pluviosité en comparaison avec la saison chaude. Les volumes recueillis dans les jauges confirment cette tendance et suivent de manière relativement proche la courbe de la pluviosité de Météo France. Il faut cependant noter que les volumes moyens ne rendent pas compte des

différences de pluviosité que l'on peut relever d'un site de prélèvement à l'autre. Notons qu'il peut y avoir des variations importantes de volume d'eau de pluie collectée d'un site à l'autre, signe de précipitations parfois très localisées. Il a par exemple été mesuré un volume de 4.2 litres dans la jauge Owen installée à Montravel au cours de la campagne 4 pour un volume moyen dans les 3 autres jauges de 3.1 litres sur la même période.

7.1.2. Le sud de la Nouvelle-Calédonie

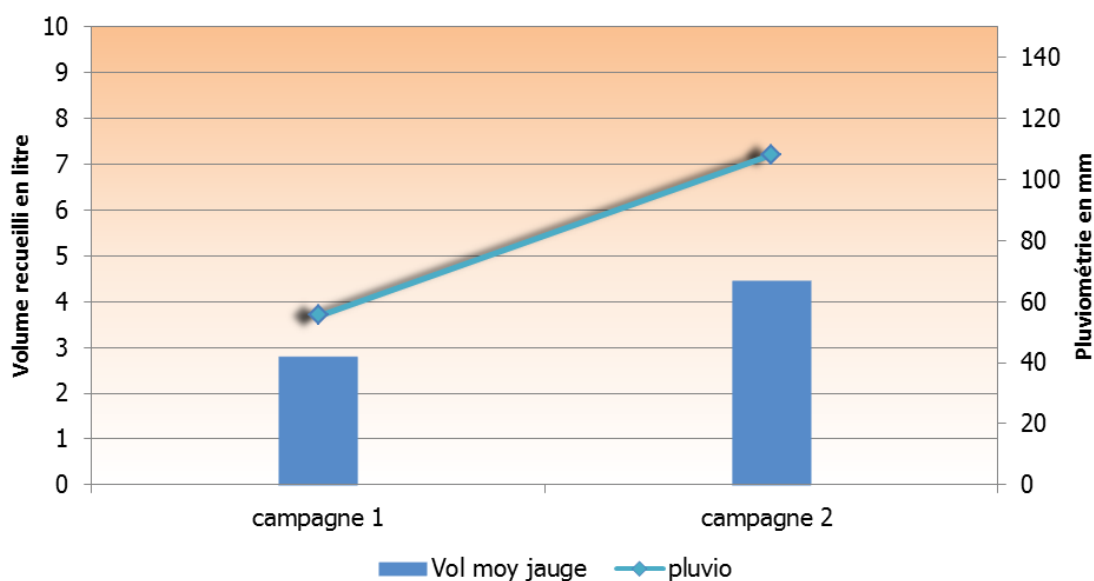


Figure 9 : Pluviométrie et volume moyen recueilli par jauge dans le Sud (Source Météo-France)

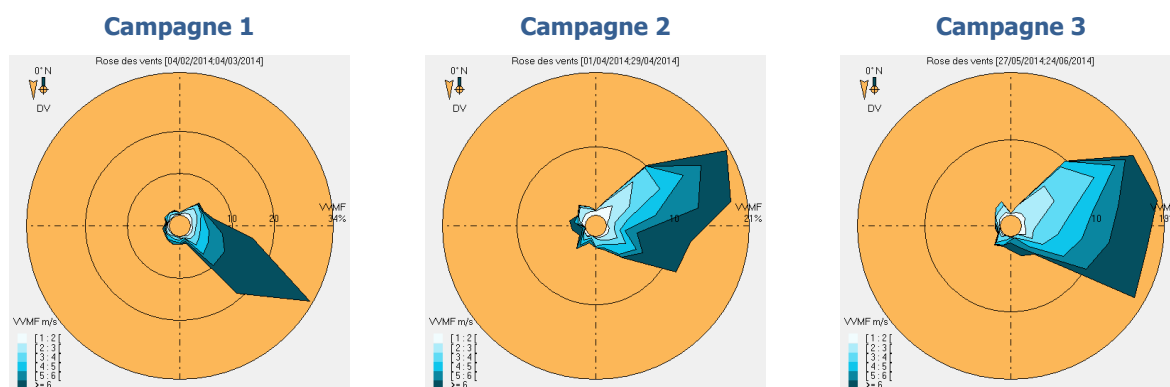
Dans le Sud, les volumes recueillis en moyennes sur les jauges installées suivent la courbe de pluviosité tracée sur les périodes de prélèvement.

C'est sur le site de la Forêt Nord que la pluviosité a été la plus élevée, puisqu'on y a enregistré un volume supérieur d'environ 40% à celui mesuré sur le site de Port Boisé, ce sur les deux campagnes de prélèvement.

7.2. Roses des vents

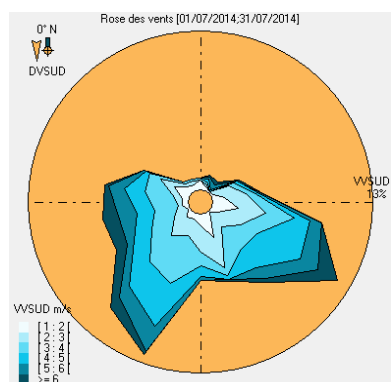
Les représentations suivantes illustrent les directions et vitesses des vents relevés sur les sites de Météo-France situés à Nouméa et près de l'usine de Goro au cours des périodes de collecte des retombées atmosphériques.

7.2.1. Nouméa

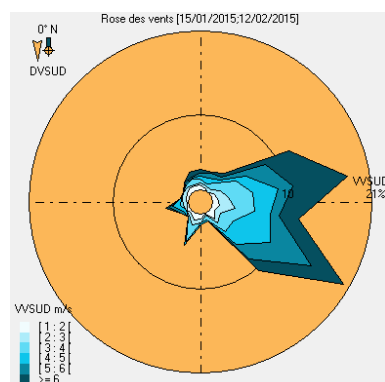


7.2.2. Le Sud de la Nouvelle-Calédonie

Campagne 1



Campagne 2



Au cours de la première campagne de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud, les vents ont été plutôt faibles, plus de 60% d'entre eux sont inférieurs à 4m/s. Majoritairement de secteurs variables, on peut également noter la présence de vents de secteur sud/sud-ouest (12.5%) favorables à la dispersion des polluants d'origine industrielle vers la station de la Forêt Nord mais aussi de vents de secteur ouest, ces derniers étant favorables à la dispersion vers le site de Port Boisé.

Les vents observés au cours de la 2ème campagne de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud, ont été principalement orientés de secteurs est/nord-est à sud-est (57%). D'intensité moyenne à forte, voire très forte, 60% des vents mesurés ont une vitesse supérieure à 4m/s.

Figure 11 : Roses des vents relevés durant les 2 campagnes de collecte des retombées atmosphériques dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (Source : Météo-France)

8. Résultats

8.1. Nouméa

Les six campagnes de collecte se sont déroulées au niveau des quatre stations fixes du réseau de surveillance de Nouméa, aux dates suivantes :

- campagne 1 : du 04 février au 04 mars 2014, soit 28 jours
- campagne 2 : du 1^{er} avril au 29 avril 2014, soit 28 jours
- campagne 3 : du 27 mai au 24 juin 2014, soit 28 jours
- campagne 4 : du 05 août au 02 septembre 2014, soit 28 jours
- campagne 5 : du 30 septembre au 28 octobre 2014, soit 28 jours
- campagne 6 : du 02 décembre au 30 décembre 2014, soit 28 jours

En raison de problème technique survenus au cours de la collecte des échantillons, aucune donnée n'est disponible pour la campagne 5 sur le site de Logicoop.

8.1.1. Retombées atmosphériques insolubles totales

Le graphique suivant (figure 12) présente les moyennes mensuelles des retombées insolubles totales (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$) relevées par jauges Owen au cours de ces six campagnes.

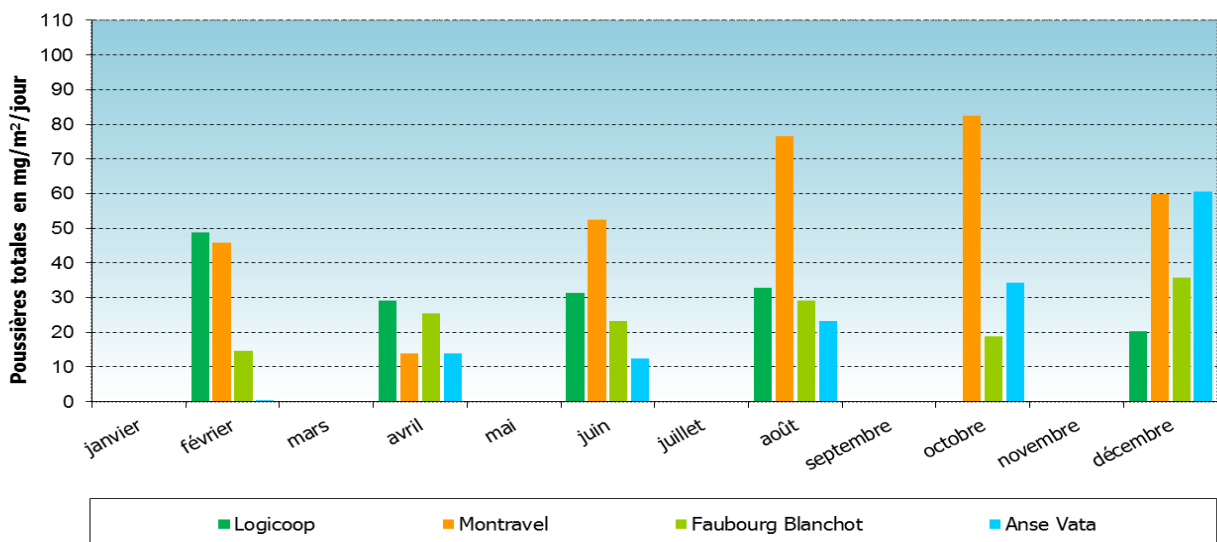


Figure 12 : Retombées atmosphériques insolubles totales (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$)

La valeur proche de 0 mesurée au cours de la première campagne sur l'Anse Vata n'apparaît pas sur le graphique.

Les niveaux de poussières mesurés en 2014 au niveau des 4 sites de prélèvement ne dépassent pas la valeur seuil de 350 mg/m²/jour préconisée par la norme du TA LUFT 2002.

Les valeurs moyennes les plus élevées sont de l'ordre de 76.5 à 82.4 mg/m²/jour et ont été mesurées toutes deux sur le site de Montravel au cours des campagnes 4 et 5. Ces données confirment le constat fait par ailleurs au cours des mesures de poussières fines en air ambiant, la station de Montravel est la plus impactée par les poussières.

Sur les autres sites de prélèvement, les valeurs relevées sont relativement stables et du même ordre de grandeur avec des maximums de 60.5 et 48.8 mg/m²/jour mesurés respectivement sur les stations de l'Anse Vata et de Logicoop et de 35.7 mg/m²/jour au Faubourg Blanchot.

8.1.2. Mesure des métaux - fraction insoluble

Les figures 13 à 18 présentent les teneurs en métaux insolubles issues de l'analyse des retombées particulaires recueillies par les Jauges Owen, au niveau des quatre points de mesure et lors des six campagnes. Ces valeurs sont exprimées en µg/m²/jour.

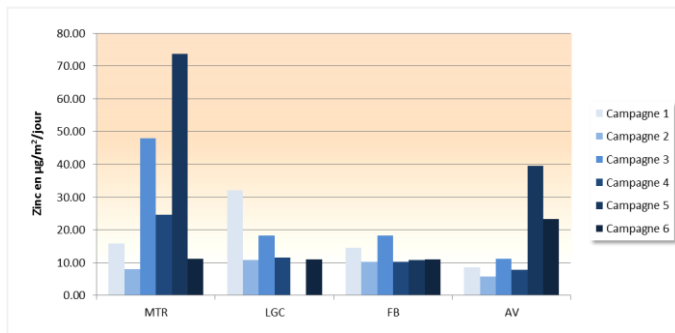


Figure 13 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour le zinc, l'ensemble des valeurs relevées sont très inférieures au seuil suisse préconisé de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Les niveaux maximum sont atteints au niveau de la station de Montravel, avec 47.9 et 73.4 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ relevés au cours des campagnes 3 et 5. Les valeurs minimum ont été mesurées sur la station de l'Anse Vata, malgré une valeur haute mesurée à 39.5 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ au cours de la campagne 5.

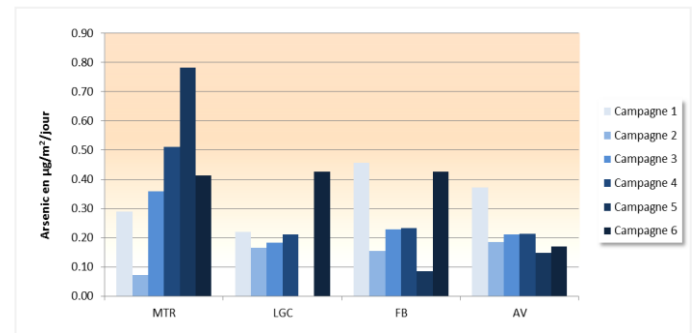


Figure 14 : Teneur en arsenic dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour l'arsenic, les teneurs dans les retombées atmosphériques relevées ne dépassent pas le seuil préconisé par la TA LUFT 2002 de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Les maximums de 0.51 et 0.78 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ont été mesurés sur le site de Montravel au cours des campagnes n°4 et n°5. Ailleurs les niveaux restent très faibles, inférieurs à 0.46 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ qui est la valeur mesurée au Faubourg Blanchot au cours la campagne n°1.

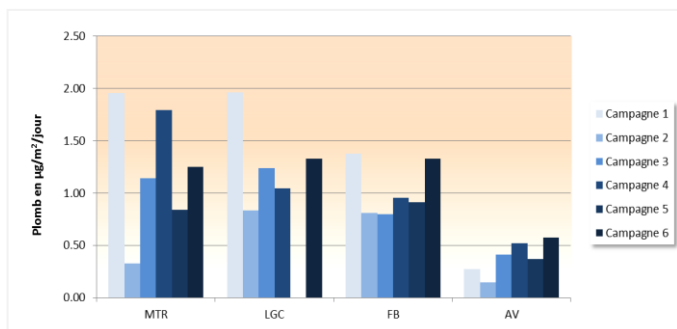


Figure 15 : Teneur en plomb dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Les teneurs en plomb mesurées dans les retombées atmosphériques insolubles sont du même ordre de grandeur pour l'ensemble des sites de prélèvement et très inférieures au seuil de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisé par la TA LUFT 2002. Le maximum de 1.96 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ a été relevé au cours de la campagne n°1 du mois de février sur les 2 stations de Montravel et de Logicoop. Les niveaux les plus bas ont été mesurés sur le site de l'Anse Vata.

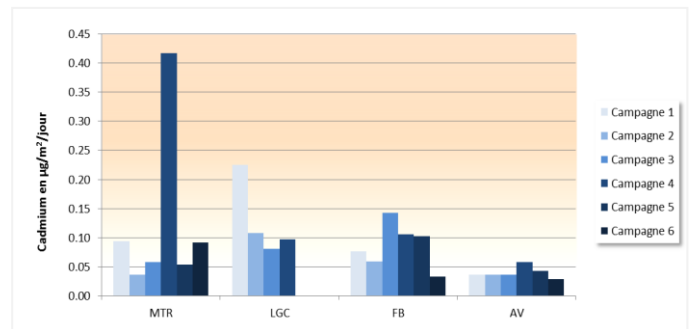


Figure 16 : Teneur en cadmium dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour le cadmium les valeurs relevées ne dépassent pas le seuil précisé par la TA LUFT 2002 de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Le maximum de 0.42 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ a été mesuré sur le site de Montravel au cours de la campagne n°4. Ailleurs les niveaux restent très faibles, inférieurs à 0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ mesuré au cours de la première campagne sur le site de Logicoop.

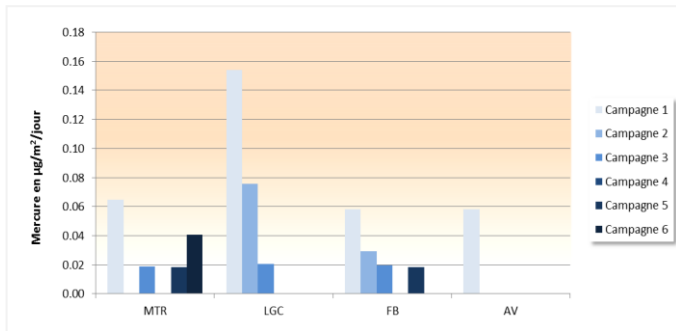


Figure 17 : Teneur en mercure dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Les teneurs en mercure mesurées sont très inférieures au seuil de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$ préconisé par la TA LUFT. 12 mesures sur les 23 échantillons analysés étant inférieures à la limite de quantification. Le maximum de $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$ a été relevé au cours de la campagne n°1 du mois de février sur la station de Logicoop, ailleurs les valeurs ne dépassent pas $0.075 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$, teneur également mesurés sur Logicoop au cours de la deuxième campagne de prélèvement. On peut noter que du mercure n'a été retrouvé qu'au cours de la campagne 1 sur le site de l'Anse Vata, c'est d'ailleurs au cours de cette campagne que les maximums ont été mesurés sur l'ensemble des sites de prélèvement.

Les seuils préconisés comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante » par la norme allemande TA LUFT 2002, sont respectés pour l'ensemble des métaux analysés hormis le nickel, dont le seuil est dépassé sur l'ensemble des sites de prélèvement. On note cependant des disparités suivant les sites et les campagnes de prélèvement.

C'est sur les sites de typologie industrielle ou sous influence industrielle, Logicoop pour le mercure, le plomb et le nickel et Montravel pour le cadmium, le plomb, l'arsenic et le zinc qu'ont été retrouvées les valeurs maximales dans les retombées atmosphériques.

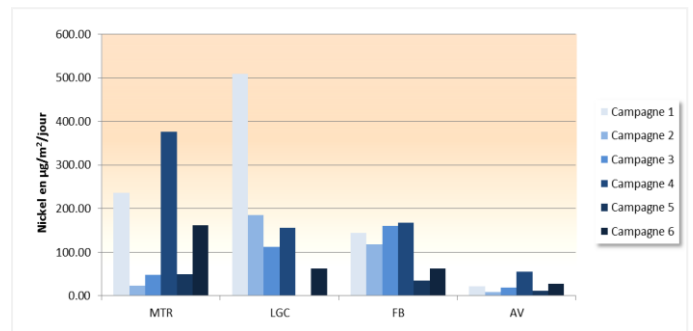


Figure 18 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Compte-tenu du contexte géologique et industriel de la Nouvelle-Calédonie et de Nouméa, il n'est pas surprenant de retrouver du nickel sous forme particulière dans les retombées atmosphériques. Les activités industrielles de Doniambo, le vent et la circulation routière étant les principales sources de mise en suspension de particules fines, incluant le nickel. Le seuil de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$ préconisé par la norme allemande est très largement dépassé, et ce sur l'ensemble des sites de prélèvement.

Seules les campagnes 2 et 5 à l'Anse Vata ont permis de mesurer des niveaux inférieurs à cette valeur. Les maximums ont quant à eux été mesurés au niveau des sites de Logicoop et Montravel avec respectivement 509 et $376 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$, soit de 25 à 34 fois la valeur seuil.

L'analyse des vents mesurés sur ces périodes confirme l'origine industrielle de ces composés.

La campagne n°1, période où les maximums sont atteints à Logicoop pour ces polluants, montre une forte proportion de vents de secteurs est/sud-est à sud-est (51.6% des vents sur la période), favorisant la dispersion des polluants issus des activités industrielles du site de Doniambo vers la station de mesure.

Pour le site de Montravel, en proximité immédiate avec la zone industrielle de Doniambo, les valeurs les plus élevées ont été relevées au cours de la campagne n°4. Une proportion importante de vents très faibles (18%) avec des passages de secteur ouest a pu être mesurée sur cette période, ces vents favorisant la stagnation et la dépose des polluants industriels au plus près de la zone d'émission.

Les valeurs mesurées sur le site du Faubourg Blanchot, de typologie urbaine, sont en moyenne inférieures à celles observées sur les sites de Logicoop et Montravel, tout en restant dans les mêmes ordres de grandeur.

Le site de prélèvement de l'Anse Vata (station péri-urbaine) semble être le moins impacté par les retombées atmosphériques en nickel, mercure, cadmium et plomb. Pour l'arsenic et le zinc, les valeurs restent proches de celles retrouvées sur les trois autres stations.

8.1.3. Mesure des métaux - fractions solubles

Les métaux contenus dans les retombées atmosphériques peuvent se trouver sous la forme dissoute ou non dissoute. Les métaux lourds sont généralement insolubles dans l'eau. Néanmoins, ces métaux réagissent chimiquement avec différentes substances pour former des composés hydrosolubles que l'on peut retrouver dans les retombées atmosphériques humides.

L'intérêt des jauges Owen contrairement aux plaquettes de dépôt (plaquettes DIEM) est de pouvoir récupérer la fraction liquide des retombées atmosphériques (précipitations) et donc de pouvoir doser les métaux dissous que cette dernière peut contenir.

Les figures 19 et 20 présentent les niveaux en Zinc et Nickel dissous dans la fraction liquide prélevée lors des six campagnes de prélèvement sur les quatre sites.

Pour l'arsenic, le plomb, le mercure et le cadmium les graphiques n'ont pas été tracés car les résultats transmis par les laboratoires pour ces métaux dans la fraction soluble des retombées atmosphériques sont en dessous des seuils de quantification pour l'ensemble des échantillons prélevés.

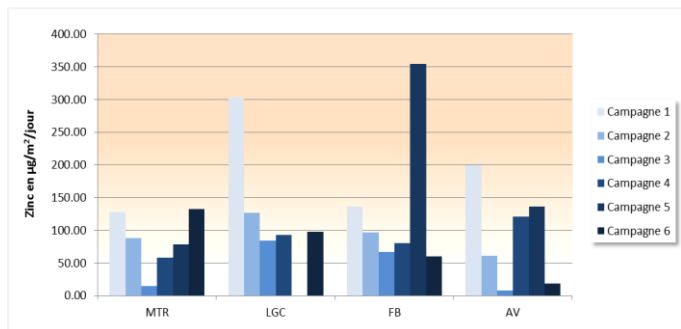


Figure 19 : Teneur en zinc dissous dans les retombées atmosphériques - fraction soluble

Aucune valeur relevée ne dépasse le seuil de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ correspondant à la norme suisse. La valeur maximale en zinc dissous a été relevée au cours de la campagne 5 au niveau du Faubourg Blanchot avec 355 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Ailleurs les valeurs retrouvées ne dépassent pas les 303 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ mesurés au cours de la campagne 1 à Logicoop.

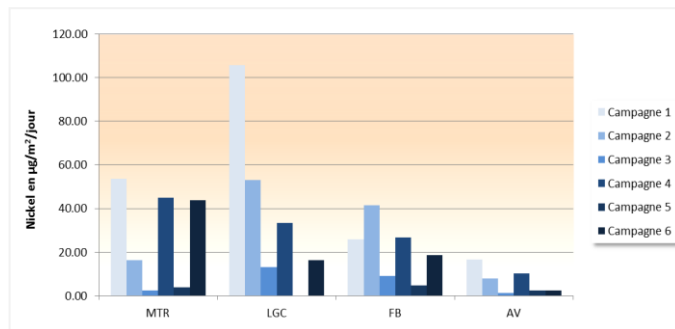


Figure 20 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction soluble

C'est à l'Anse Vata que les valeurs en nickel sont les plus basses, avec une valeur maximale à 16.7 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, légèrement au-dessus du seuil de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Ailleurs ce seuil est encore largement dépassé sur l'ensemble des sites de mesure avec un maximum (105 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$) relevé à Logicoop au cours de la campagne 1. On peut cependant noter des valeurs particulièrement basses au cours des campagnes 3 et 5 sur l'ensemble des sites de mesure, le seuil de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ n'étant dépassé sur aucune des stations sur ces périodes.

8.1.4. Comparaison des fractions solubles et insolubles et moyennes annuelles sur les sites de mesures

La norme TA LUFT 2002 ne fait pas la distinction entre les fractions solubles et insolubles dans la préconisation des seuils limites.

Les tableaux et graphiques suivants présentent les moyennes annuelles calculées sur chaque site de mesure à partir des six campagnes de prélèvement, pour les fractions solubles, insolubles et le cumul de ces deux fractions mesurées.

Dans la fraction insoluble, lorsque les résultats de certaines campagnes, transmis par le laboratoire, ont été inférieurs à la limite de quantification c'est cette dernière qui a été utilisée pour le calcul des moyennes annuelles.

Tableau 2 : Retombées atmosphériques sur les stations de Montravel et Logicoop - Moyennes annuelles (en µg/m²/jour)

Site de mesure	Station de mesure de Montravel						Station de mesure de Logicoop					
Métal	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg
Seuil (µg/m ² /j)	4 µg/m ² /j	2 µg/m ² /j	15 µg/m ² /j	100 µg/m ² /j	400 µg/m ² /j	1 µg/m ² /j	4 µg/m ² /j	2 µg/m ² /j	15 µg/m ² /j	100 µg/m ² /j	400 µg/m ² /j	1 µg/m ² /j
Part insoluble Moy Min / max	0.4 0.07/0.78	0.13 ND*/0.42	148.9 22.8/376.3	1.22 0.32/1.96	30.2 7.97/73.6	0.04 0.02/0.10	0.24 0.17/0.43	0.11 ND*/0.22	205.1 62.6/508.6	1.28 0.83/1.96	16.7 10.8 /32.1	0.05 ND*/0.15
Part soluble Moy Min / max	ND*	ND*	27.5 2.49/53.7	ND*	83.2 15.0/132.1	ND*	ND*	ND*	44.3 12.9/105.8	ND*	140.9 84.1/303.3	ND*
Moyenne cumulée	0.4**	0.13**	176.4	1.22	113.4	0.04	0.24	0.11	249.4**	1.28**	157.6**	0.05**

Tableau 3 : Retombées atmosphériques sur les stations du Faubourg Blanchot et de l'Anse Vata - Moyenne annuelles (en µg/m²/jour)

Site de mesure	Station de mesure du Faubourg Blanchot						Station de mesure de l'Anse Vata					
Métal	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg
Seuil (µg/m ² /j)	4 µg/m ² /j	2 µg/m ² /j	15 µg/m ² /j	100 µg/m ² /j	400 µg/m ² /j	1 µg/m ² /j	4 µg/m ² /j	2 µg/m ² /j	15 µg/m ² /j	100 µg/m ² /j	400 µg/m ² /j	1 µg/m ² /j
Part insoluble Moy Min / max	0.26 0.08/0.46	0.09 ND*/0.14	114.8 35.5/168.3	1.03 0.80/1.38	12.5 10.3/18.2	0.03 ND*/0.06	0.22 0.15/0.37	0.04 ND*/0.06	24.2 9.2/55.5	0.38 0.15/0.57	16.01 5.83/39.5	0.03 ND*/0.06
Part soluble Moy Min / max	ND*	ND*	21.04 4.55/41.5	ND*	132.6 60.3/354.8	ND*	ND*	ND*	6.83 1.18/16.7	ND*	90.7 7.7/199.7	ND*
Moyenne cumulée	0.26	0.09	135.8	1.03	145.1	0.03	0.22	0.04	31.03	0.38	106.7	0.03

* ND : Non déterminé (< limite de quantification)

** **Données surlignées** : Moyenne annuelle max sur la zone d'étude

L'étude des moyennes annuelles calculées au niveau de chaque site montre que les seuils préconisés par la norme du TA LUFT 2002 ne sont dépassés que pour le nickel ($15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$), ce pour l'ensemble des sites de mesure dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques et pour 3 des 4 sites dans la fraction dissoute, l'Anse Vata étant le seul site de prélèvement où la moyenne annuelle ne dépasse pas ce seuil.

Les moyennes annuelles cumulées en nickel (fraction insoluble + fraction soluble) sont comprises entre $31.03 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ à l'Anse Vata et $249.4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ au niveau de la station de Logicoop.

Pour le zinc, on peut aussi noter des valeurs significatives, bien qu'en dessous du seuil préconisé de $400 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$: les moyennes annuelles cumulées sont comprises entre $106.7 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ mesurés à l'Anse Vata et un maximum de $157.6 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ toujours sur la station de Logicoop.

Pour les métaux arsenic, cadmium, plomb et mercure, les moyennes cumulées sont du même ordre de grandeur pour l'ensemble des sites investigués et restent très en deçà des seuils préconisés. Les moyennes maximales ont été retrouvées au niveau du quartier de Logicoop pour le mercure et le plomb et à Montravel en ce qui concerne le cadmium et l'arsenic.

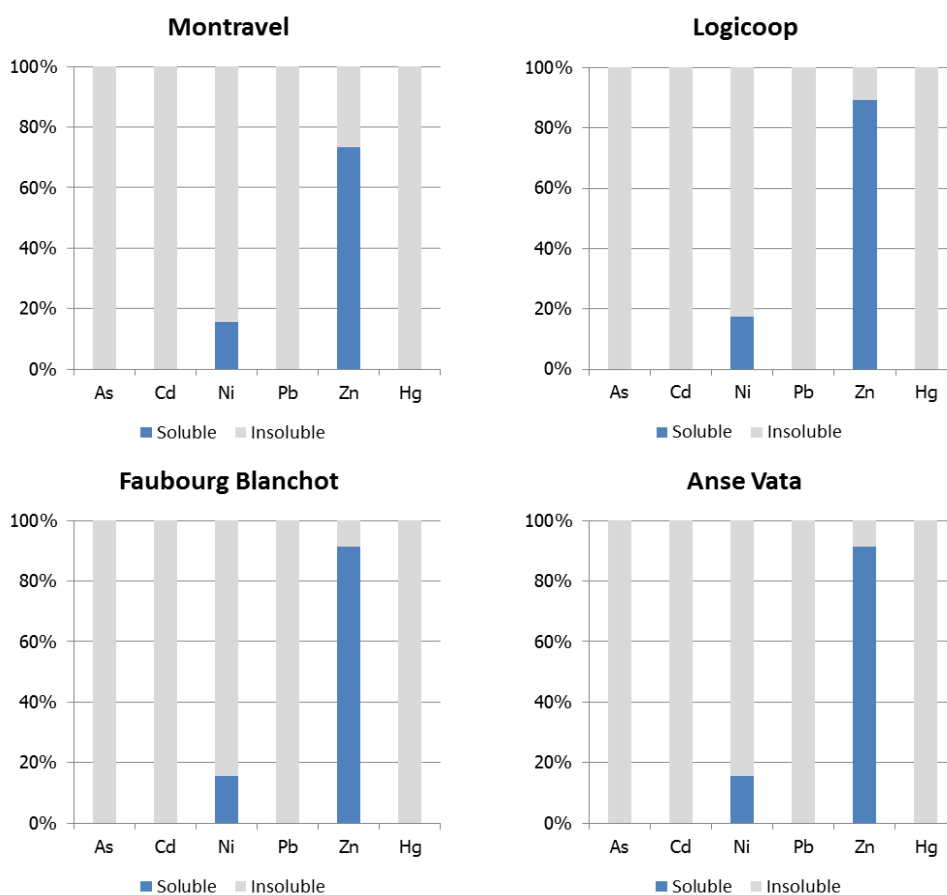


Figure 21 : Répartition moyenne de la fraction soluble des retombées atmosphériques totales des métaux lourds par site de prélèvement

Sur l'ensemble des sites, la proportion de la partie soluble dans les quantités de métaux lourds déposées diffère assez peu. Le nickel est majoritairement présent dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques, la part soluble retrouvée dans les échantillons est comprise entre 15 et 22%.

Constat inverse du côté du zinc qui est majoritairement retrouvé dans la fraction soluble des retombées atmosphériques et ce sur l'ensemble des sites de prélèvement. La part soluble retrouvée dans les échantillons est comprise entre 73 % à Montravel et 91% au Faubourg Blanchot.

Pour l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure, ces métaux semblent très majoritairement présents dans la fraction particulaire, les valeurs les concernant, transmises par le laboratoire sont toutes en dessous des seuils de quantification dans la fraction soluble.

8.2 Le Sud de la Nouvelle-Calédonie

Les deux campagnes de prélèvement effectuées dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie se sont déroulées sur les stations fixes de Port Boisé et de la Forêt Nord, respectivement situées au sud-est et au nord du site industriel de Vale NC, aux dates suivantes :

- campagne 1 : du 1er juillet au 31 juillet 2014, soit 30 jours
- campagne 2 : du 15 janvier au 12 février 2015, soit 28 jours

8.2.1. Retombées atmosphériques insolubles totales

Le graphique suivant (figure 22) présente les niveaux de retombées insolubles totales relevées sur les sites de Port Boisé et de la Forêt Nord au cours de ces 2 campagnes.

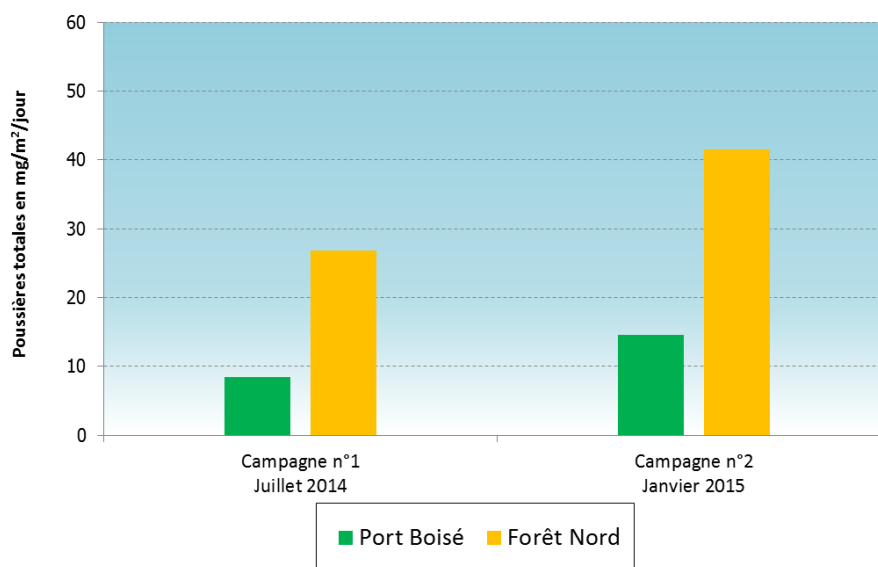


Figure 22 : retombées atmosphériques insolubles totales (en mg/m²/jour)

Les niveaux de poussières mesurés sur ces deux périodes ne dépassent pas la valeur seuil de 350 mg/m²/jour préconisée par la norme allemande.

Les valeurs moyennes les plus élevées sont de 26.9 et 41.6 mg/m²/jour mesurées toutes deux sur le site de la Forêt Nord. La moyenne maximale atteinte sur Port Boisé est de 14.6 mg/m²/jour relevée lors de la deuxième campagne. Les maximums relevés sur chaque site de prélèvement sont atteints au cours de la deuxième campagne malgré des vents favorables à la dispersion des particules d'origine industrielle vers les stations de mesure plus présents au cours de la première.

Ce constat témoigne à priori de l'existence de retombées de poussières naturelles liées au vent (soulèvement de poussières au sol par vent fort en janvier/février).

8.2.2. Mesure des métaux - fraction insoluble

Les figures 23 à 27 présentent les teneurs en métaux insolubles issues de l'analyse des retombées particulaires recueillies par les Jauges Owen, au niveau des deux points de mesure et lors des deux campagnes. Ces valeurs sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

Les teneurs en mercure mesurées sont en dessous des seuils de quantification pour les échantillons prélevés, le graphique correspondant n'a donc pas été tracé.

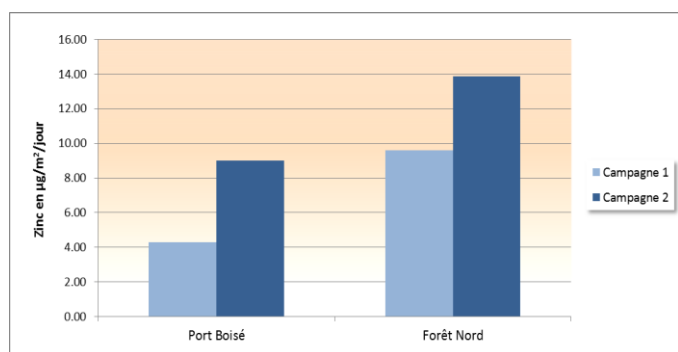


Figure 23 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour le zinc, les valeurs relevées sont très inférieures au seuil suisse préconisé de $400 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Les niveaux maximums sont atteints pour la station de la Forêt Nord, avec $13.9 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ au cours du mois de janvier 2015. Sur Port Boisé les valeurs sont légèrement plus faibles qu'à la Forêt Nord avec un maximum de $9 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ lui aussi relevé lors de la deuxième campagne de prélèvement. Ces valeurs sont inférieures à celles retrouvées sur Nouméa puisque le Faubourg Blanchot (site le moins impacté par le zinc) présente une valeur maximum de $18.2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

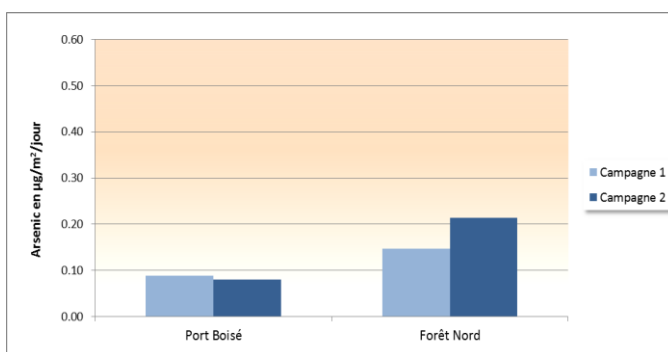


Figure 24 : Teneur en arsenic dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour l'arsenic, les teneurs dans les retombées atmosphériques relevées ne dépassent pas le seuil précisé par la TA LUFT 2002 de $4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Le maximum de $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ a été mesuré sur le site de la Forêt Nord au cours de la campagne n°2. Les valeurs mesurées sur le site de Port Boisé sont inférieures à celles retrouvées sur la Forêt Nord.

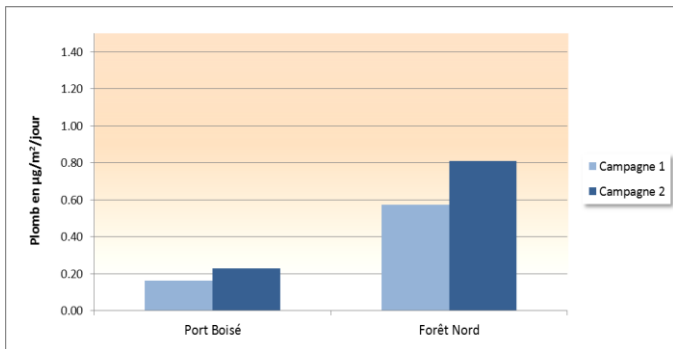


Figure 25 : Teneur en plomb dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Les teneurs en plomb mesurées dans les retombées atmosphériques insolubles sont très inférieures au seuil de 100 µg/m²/jour préconisé par la TA LUFT 2002. Le maximum de 0.81 µg/m²/jour a été relevé au cours de la campagne n°2 du mois de janvier sur la station de la Forêt Nord. Sur Port Boisé la teneur maximum est de 0.23 µg/m²/jour.

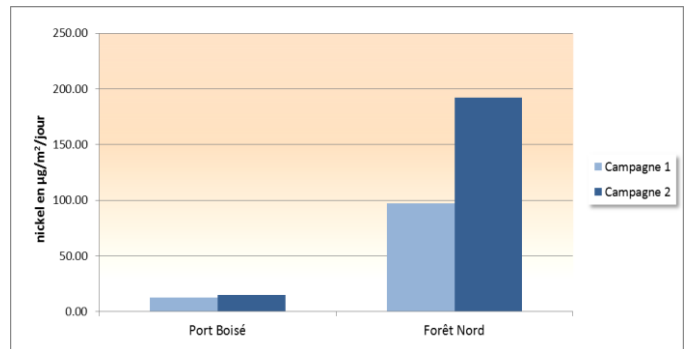


Figure 26 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Concernant le nickel, la valeur seuil de 15 µg/m²/jour préconisée par la TA LUFT 2002 est dépassée à 3 reprises. Seule la campagne n°1 à Port Boisé a permis de relever une teneur de 12.8 µg/m²/jour. Lors de la campagne n°2 la valeur mesurée dépasse faiblement le seuil avec 15.04 µg/m²/jour. En revanche sur le site de la Forêt Nord, ce seuil est très largement dépassé, avec respectivement 97.38 et 192.56 µg/m²/jour sur les campagnes n° 1 et 2. On peut supposer que ces valeurs élevées s'expliquent par la proximité de cette station avec les sites industriels de Vale NC (la mine au nord et l'usine au sud).

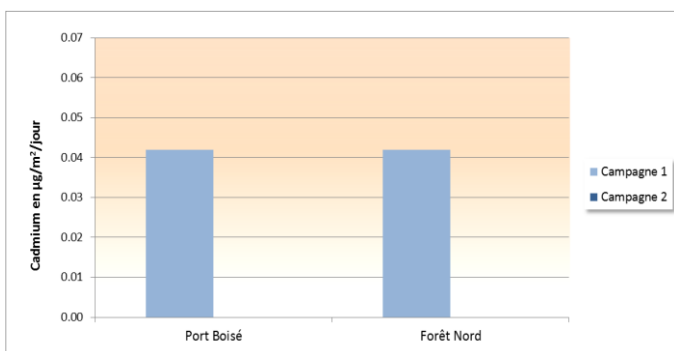


Figure 27 : Teneur en cadmium dans les retombées atmosphériques - fraction insoluble

Pour le cadmium, les teneurs dans les retombées atmosphériques relevées sont très inférieures au seuil de 2 µg/m²/jour précisé par la TA LUFT 2002. Du cadmium n'a été retrouvé qu'au cours de la campagne 1, avec une valeur identique de 0.04 µg/m²/jour pour chacun des sites de collecte.

Les seuils préconisés comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante » par la norme allemande TA LUFT 2002, sont respectés pour l'ensemble des métaux analysés hormis le nickel, dont le seuil est dépassé sur l'ensemble des sites de prélèvement. Seule la campagne 1 à Port Boisé montre une valeur en nickel inférieure aux 15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisés.

Il n'a pas été retrouvé de mercure particulaire dans les échantillons collectés. Pour l'ensemble des métaux retrouvés, les résultats obtenus au niveau de la station de Port Boisé sont sensiblement inférieurs à ceux de la station de surveillance de la Forêt Nord, ceci étant probablement lié à la proximité de cette dernière avec les sites industriels de VALE NC (la mine au nord et l'usine au sud).

Les résultats obtenus au cours de la campagne 1 sont inférieurs à ceux obtenus au cours de la campagne 2, sauf pour le cadmium qui n'a été retrouvé en très faibles quantité qu'au cours de la campagne 1.

8.2.3. Mesure des métaux - fractions solubles

Les figures 28 et 29 présentent les niveaux en zinc dissous dans la fraction liquide prélevée lors des deux campagnes de prélèvement sur les sites de Port Boisé et de la Forêt Nord.

Concernant le cadmium, il n'en a été mesuré qu'au cours de la première campagne sur Port Boisé avec une valeur de 1.93 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, en dessous bien que proche du seuil de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ préconisé par la TA LUFT 2002. Sur les autres échantillons les concentrations sont en dessous des seuils de quantification du laboratoire AEL, le graphique n'a pas été tracé.

Pour l'arsenic, le plomb et le mercure les graphiques n'ont pas été tracés, les résultats transmis par le laboratoire pour ces métaux dans la fraction soluble étant en dessous des seuils de quantification pour l'ensemble des échantillons collectés.

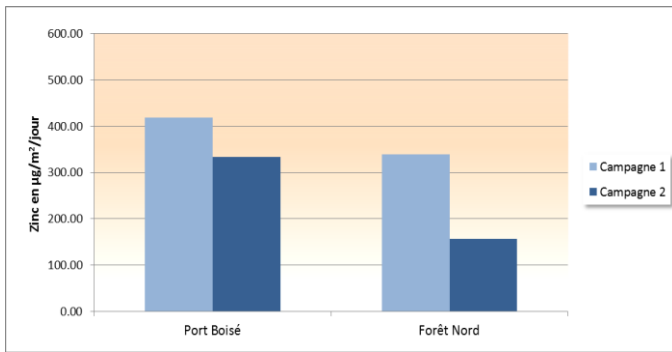


Figure 28 : Teneur en zinc dans les retombées atmosphériques - fraction soluble

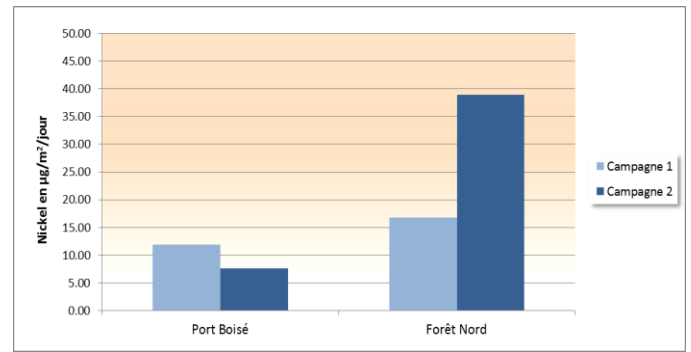


Figure 29 : Teneur en nickel dans les retombées atmosphériques - fraction soluble

Une valeur maximale en zinc dissous a été relevée au cours de la campagne 1 à Port Boisé, on a relevé 418.8 µg/m²/jour. Sur les autres campagnes, tout en étant assez élevées (comprises entre 156.54 et 338,99 µg/m²/jour), les teneurs mesurées ne dépassent pas le seuil suisse de qualité de l'air de 400 µg/m²/jour. On peut noter que le zinc est le seul composé pour lequel les valeurs maximales sont relevées sur le site de Port Boisé, pour les deux campagnes de collecte.

Les teneurs en nickel relevées dans les retombées atmosphériques sur le site de la Forêt Nord dépassent le seuil de 15 µg/m²/jour préconisé par la TA LUFT 2002, c'est au cours de la campagne n°2 que le maximum a été atteint avec 38.94 µg/m²/jour. Sur Port Boisé en revanche, les teneurs restent faibles et en dessous du seuil avec un maximum de 11.86 µg/m²/jour mesuré sur la première campagne.

8.2.4. Comparaison des fractions solubles et insolubles et moyennes annuelles sur les sites de mesures

La norme TA LUFT 2002 ne fait pas la distinction entre les fractions solubles et insolubles dans la préconisation des seuils limites.

Le tableau 4 ci-dessous présente les moyennes annuelles calculées sur chaque site de mesure à partir des 2 campagnes de prélèvement, pour les fractions solubles, insolubles et le cumul de ces deux fractions mesurées.

Tableau 4 : Retombées atmosphériques sur les stations de Port Boisé et de la Forêt Nord - Moyenne annuelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$)

Site de mesure	Station de mesure de Port Boisé					
	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg
Métal						
Seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	4 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$
Part insoluble						
Moy	0.085	0.04	13.9	0.19	6.64	ND*
Min / max	0.08/0.09		12.8/15.0	0.16/0.23	4.28/9.0	
Part soluble						
Moy	ND*	0.98	9.75	ND*	376.4	ND*
Min / max		ND*/1.93	7.6/11.9		333.9/418.8	
Moyenne cumulée	0.085	1.02	23.7	0.19	383.4	ND*

Site de mesure	Station de mesure de la Forêt Nord					
	As	Cd	Ni	Pb	Zn	Hg
Métal						
Seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	4 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$
Part insoluble						
Moy	0.18	0.04	144.9	0.69	11.7	ND*
Min / max	0.15/0.21		97.3/192.6	0.57/0.81	9.60/13.87	
Part soluble						
Moy	ND*	ND*	27.9	ND*	247.8	ND*
Min / max			16.8/38.9		156.5/338.9	
Moyenne cumulée	0.18**	0.04	172.8	0.69	259.5	ND*

*ND : Non déterminé (< à la limite de quantification)

** Donnée surlignée : Moyenne annuelle max sur la zone d'étude

Les moyennes calculées au niveau des deux sites d'études ne dépassent les seuils préconisés par la norme du TA LUFT 2002 que pour le nickel ($15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).

Pour le site de la Forêt Nord, ce seuil est très largement dépassé, tant dans la fraction soluble qu'insoluble avec respectivement 27.9 et 144.9 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Sur le site de Port Boisé en revanche, c'est la moyenne annuelle cumulée des deux fractions qui dépasse le seuil préconisé avec 23.7 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Le niveau moyen annuel en nickel relevé au niveau de la Forêt Nord est ainsi 7 fois supérieur à celui de la station de Port Boisé et 11 fois supérieur au seuil fixé par la norme allemande.

La proximité de la station de la Forêt Nord avec les activités industrielles et minières de l'entreprise VALE NC pourrait expliquer ce phénomène, les opérations d'extraction et de roulage

du minerais mais aussi la circulation de véhicules étant susceptibles de favoriser la mise en suspension de poussières.

Concernant le zinc, les moyennes calculées sont du même ordre de grandeur mais c'est à la station de Port Boisé que sont mesurés les niveaux de retombées atmosphériques les plus élevés avec $383.4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Le maximum de $418.8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ mesuré dans la fraction soluble sur ce site au cours de la campagne 1 dépasse la valeur seuil préconisée par la norme suisse ($400 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).

Pour le cadmium, peu présent sous forme particulaire, il n'a été retrouvé sous forme soluble qu'au cours de la première campagne de collecte sur Port Boisé, avec $1.93 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, cette valeur est très proche du seuil préconisé de $2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Les vents de secteur ouest mesurés sur la période pourraient traduire une origine industrielle de ces composés.

Pour les métaux arsenic et plomb, les moyennes annuelles cumulées sont très inférieures aux seuils préconisés pour les deux sites de prélèvement. Pour le dosage de ces métaux dans la fraction soluble des échantillons prélevés, les résultats sont en dessous des seuils de quantification.

Concernant le mercure, les données transmises par le laboratoire d'analyse sont en dessous des seuils de quantification tant pour la fraction insoluble que soluble des échantillons collectés.

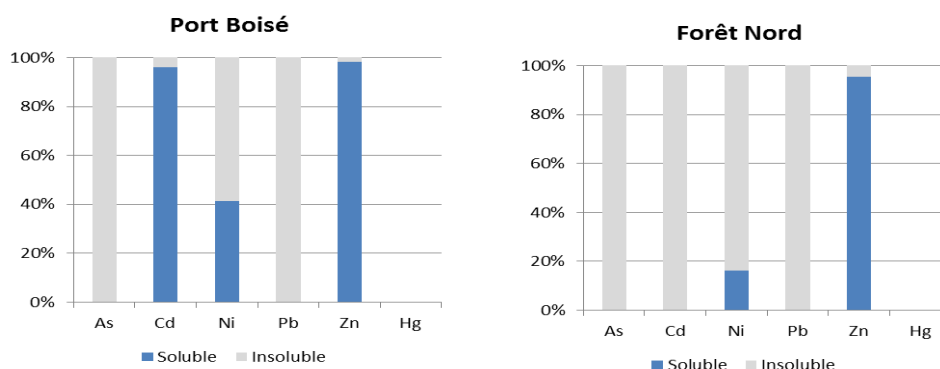


Figure 30 : Répartition moyenne de la fraction soluble des retombées atmosphériques totales des métaux lourds, par site de prélèvement

Le nickel mesuré dans les échantillons est majoritairement contenu dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques. On note une différence significative dans les proportions retrouvées au niveau des deux sites, en effet plus de 40% du nickel contenu dans les retombées collectées

sur le site de Port Boisé est sous forme dissoute contre environ 16 % dans les retombées mesurées sur le site de la Forêt Nord.

Le zinc à l'inverse, est très majoritairement retrouvé dans la fraction soluble des prélèvements effectués, tant sur la station de Port Boisé qu'au niveau de la Forêt Nord, avec une proportion supérieure à 95 % sur chacun des deux sites de prélèvement.

On note enfin une différence notable entre les deux sites concernant le cadmium, absent de la fraction soluble sur le site de la Forêt Nord, il est au contraire présent à 96% sous cette forme sur le site de Port Boisé.

Pour l'arsenic et le plomb, c'est dans la fraction particulaire qu'on retrouve ces métaux. Dans la fraction soluble, les valeurs mesurées par le laboratoire d'analyse sont en dessous des limites de quantification.

9. Conclusion

Les niveaux de poussières mesurés sur les deux zones d'études sont très inférieurs aux 350 mg/m²/jour fixés par la norme allemande du TA LUFT 2002 comme « valeur limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante ». Les niveaux maximum d'empoussièrement ont été relevés sur la station sous influence industrielle de Montravel, avec 82.4 mg/m²/jour. Le maximum dans le Sud, avec 41.6 mg/m²/jour mesuré sur la station de la Forêt Nord, est du même ordre de grandeur que les résultats retrouvés sur les stations de Logicoop et du Faubourg Blanchot à Nouméa.

Concernant les métaux et les moyennes annuelles calculées sur l'ensemble des sites de collecte, les seuils préconisés par la norme allemande du TA LUFT 2002 sont respectés pour l'arsenic, le cadmium, le mercure, le plomb et le zinc. Seules les moyennes annuelles en nickel dépassent le seuil de 15 µg/m²/jour préconisé, sur l'ensemble des sites investigués, toutes zones d'études confondues.

- L'arsenic n'a été retrouvé que dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques collectées. Le maximum de 0.78 µg/m²/jour a été mesuré au niveau de la station de Montravel lors de la campagne 4 pour un seuil fixé à 4 µg/m²/jour. Les moyennes comprises entre 0.2 et 0.4 µg/m²/jour à Nouméa sont légèrement supérieures à celles retrouvées dans le Sud (0.09 et 0.18 µg/m²/jour).
- Le cadmium n'a été retrouvé sous forme soluble que sur le site de Port Boisé dans le Sud. Avec une valeur maximum de 1.93 µg/m²/jour mesurée au cours de la campagne 1, le seuil allemand de 2 µg/m²/jour est presque atteint. Ailleurs, on ne le retrouve qu'en faible quantité dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques collectées. Le maximum de 0.42 µg/m²/jour a été mesuré au cours de la campagne 4 sur le site de Montravel.
- Le plomb n'a été retrouvé que dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques collectées. Le maximum de 1.96 µg/m²/jour pour un seuil fixé à 100 µg/m²/jour a été mesuré sur les stations de Logicoop et Montravel, au cours de la campagne 1. Les moyennes comprises entre 0.38 et 1.28 µg/m²/jour à Nouméa sont comparables à celles retrouvées dans le Sud (0.19 et 0.69 µg/m²/jour).
- Le mercure n'a été détecté que dans la fraction insoluble des retombées atmosphériques collectées, ce uniquement dans 12 des 23 échantillons analysés sur Nouméa. Il n'a pas

été détecté dans les échantillons collectés dans le Sud. Le maximum a été retrouvé au niveau du site de Logicoop, avec $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, mesuré au cours de la campagne 1 pour un seuil fixé à $1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. Les moyennes annuelles à Nouméa sont comprises entre 0.03 et $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

- Le zinc est quant à lui très majoritairement présent dans la fraction soluble des retombées atmosphériques, proportion comprise entre 73 et 91 % sur la zone de Nouméa et supérieure à 95 % dans le Sud. C'est au niveau de la station de Port Boisé dans le Sud, que le maximum a été relevé avec $418.8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ sous forme soluble, au cours de la campagne 1, dépassant ainsi le seuil suisse de la qualité de l'air de $400 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$. A Nouméa, le maximum de $354.8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ a été mesuré durant la campagne 5 sur la station urbaine du Faubourg Blanchot, toujours dans la fraction soluble de l'échantillon collecté. On remarque que le zinc est le seul métal de cette étude pour lequel les moyennes annuelles calculées sur les sites du Sud (259.5 et $383.4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$), sont plus élevées que celles retrouvées sur la zone de Nouméa (comprises entre 106.7 et $169.8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).
- Le nickel est aussi présent dans les deux fractions des retombées atmosphériques collectées, majoritairement sous forme insoluble et toutes zones d'étude confondues. Le maximum de $508.6 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ de nickel insoluble, a été relevé sur le site de Logicoop au cours de la campagne 1. Le seuil de $15 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ est ainsi très largement dépassé pour tous les sites investigués. Les moyennes annuelles sur la zone d'étude de Nouméa sont comprises entre $31 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ à l'Anse Vata et $249.4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ pour Logicoop et dans le Sud, entre $23.7 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ à Port Boisé et $172.8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ à la Forêt Nord. Les activités industrielles à Nouméa et dans le Sud, le vent et la circulation routière sont les principales sources de mise en suspension de particules de nickel.

C'est sur les sites de typologie industrielle ou sous influence industrielle (stations de Logicoop et Montravel pour Nouméa et station de la Forêt Nord pour le Sud) que la plupart des valeurs maximales en métaux ont été retrouvées. Seuls le zinc et le cadmium font exception puisque dans le Sud, la moyenne maximale a été mesurée au niveau de Port Boisé (station de typologie rurale). Du même ordre de grandeur que la moyenne relevée sur le site de la Forêt Nord pour le zinc, elle est en revanche bien plus élevée en ce qui concerne le cadmium, en raison de la forte teneur mesurée au cours de la campagne 1 dans la fraction soluble collectée sur Port Boisé.

Sur Nouméa, l'analyse des vents mesurés au cours des campagnes de collecte semble confirmer l'origine industrielle des métaux présents dans les retombées industrielles. Dans le Sud, les valeurs plus élevées mesurées sur la station de la Forêt Nord peuvent s'expliquer par la proximité de cette station avec les sites industriels de VALE NC (le complexe minier au nord, l'usine et la centrale thermique au sud).

Concernant le zinc, les moyennes annuelles homogènes d'un site à l'autre quelle que soit leur typologie, pourrait traduire une origine naturelle de ce métal dans les retombées atmosphériques, que ce soit par mise en suspension depuis le sol par le vent puis dépôt gravitaire ou par apport direct via les précipitations ou les aérosols marins.

Les constats et hypothèses faits dans ce rapport seront complétés par des études complémentaires dans le cadre du suivi annuel des retombées atmosphériques. Le même calendrier de collecte sera mis en œuvre sur Nouméa, tandis que dans le Sud il sera complété et basé sur celui de Nouméa, avec six campagnes de collectes des retombées atmosphériques réparties sur l'année au lieu de deux dans la présente étude.