

RAPPORT D'ETUDE

ACCOMPAGNEMENT : RECHERCHE DE CORRELATION ENTRE MESURES DE METAUX LOURDS ET L'ACTIVITE SUR LE SITE DE RECYCO

Etude menée en 2022-2023



Auteurs : Evdokia Stratigou, Ezvin Le Roux

Relecteur : Arabelle Patron-Anquez

Diffusion : Avril 2023



Avant-propos

Atmo Hauts-de-France est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (décret 2007-397 du 22 mai 2007) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO. Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Atmo Hauts-de-France est agréée du 1^{er} janvier 2023 au 31 décembre 2025, au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Conditions de diffusion

Atmo Hauts-de-France communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-hdf.fr.

Responsabilités

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Hauts-de-France. Ces données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure. Les résultats sont analysés selon les objectifs de l'étude, le contexte et le cadre réglementaire des différentes phases de mesures, les financements attribués à l'étude et les connaissances métrologiques disponibles.

Avertissement

Atmo Hauts-de-France n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.


Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°01/2023/ELE/EST/VO**.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Hauts-de-France :

- depuis le formulaire de contact disponible à l'adresse <http://www.atmo-hdf.fr/contact.html>
- par mail : contact@atmo-hdf.fr
- par téléphone : 03 59 08 37 30

Réclamations

Les réclamations sur la non-conformité de l'étude doivent être formulées par écrit dans les huit jours de la livraison des résultats. Il appartient au partenaire de fournir toute justification quant à la réalité des vices ou anomalies constatées. Il devra laisser à Atmo Hauts-de-France toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices pour y apporter éventuellement remède. En cas de litige, un accord amiable sera privilégié. Dans le cas où une solution n'est pas trouvée la résolution s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

	Nom	Qualité	Visa
Approbation	Benoit Rocq	Responsable du Service Etudes	

Version du document : V3 basé sur trame vierge : EN-ETU-20

Date d'application : 01/01/2021

Sommaire

1. Synthèse	7
2. Enjeux et objectifs de l'étude	8
2.1. Objet de l'étude	8
2.2. Contexte réglementaire	9
2.2.1. A échelle nationale	9
2.2.2. A échelle régionale (Hauts-de-France)	10
2.3. Zoom sur les données d'émissions et concentrations des particules PM10 et du Nickel (Ni)	11
2.3.1. Particules PM10	11
2.3.2. Métaux lourds	13
2.4. Historique des mesures de Nickel (Ni)	14
2.5. Cadre de l'étude	15
2.5.1. Plateforme industrielle d'Isbergues	16
2.5.2. RECYCO (présentation et process)	17
3. Matériels et méthodes	23
3.1. Méthodologie	23
3.1.1. Période de campagnes de mesures	23
3.1.2. Polluants mesurés	23
3.1.1. Moyens et stratégie de mesures	23
3.2. Mesures continues (Xact)	24
3.2.1. Observation	24
3.2.2. Incertitudes	26
3.2.3. Validation	27
3.3. Mesures différées (filtres)	28
3.3.1. Observation	28
3.3.2. Incertitudes	28
3.3.3. Validation	29
3.4. Indicateurs	29
3.4.1. Indicateurs étudiés	29
3.5. Traitements statistiques	31
3.5.1. Principe d'Analyse en Composantes Principales (ACP)	31
3.5.2. Retours sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP)	33
4. Résultats de l'étude	37
4.1. Contexte météorologique	37
4.2. Analyses statistiques des concentrations	40
4.2.1. Mesures continues	40
4.2.2. Mesures différées	47
4.2.3. Comparaison	48
4.3. Analyses statistiques des indicateurs (concentrations et activités du site)	51
4.3.1. Analyses statistiques par groupe d'indicateurs	52
4.3.2. Analyse statistique affinée sur les indicateurs prépondérants des groupes 1 et 2	60
5. Conclusions	65
Annexes	66

Annexes

Annexes	66
Annexe 1 : Glossaire.....	66
Annexe 2 : Modalités de surveillance	69
Annexe 3 : Météorologie.....	77
Annexe 4 : Fiches des émissions de polluants pour la CA de Béthune–Bruay Artois Lys Romane.....	81
Annexe 5 : Taux de couverture des données	84
Annexe 6 : Repères réglementaires.....	85
Annexe 7 : Analyses statistiques par groupe d'indicateurs pour Chrome, Molybdène, Plomb et Zinc.....	87



Illustrations

Figure 1 : Dépassements des seuils réglementaires en 2021 par agglomération en France.....	9
Figure 2 : Réglementation sur l'air ambiant 2021 dans la région Hauts-de-France	10
Figure 3 : Evolution des concentrations annuelles de Nickel (Ni) aux stations de mesures BE9 et DKI sous influence industrielle.....	15
Figure 4 : Localisation de la plateforme industrielle d'Isbergues (62473) et des Installations Classées Protection Environnement (ICPE)	15
Figure 5 : Process de valorisation des déchets (poussières) en ferro-alliages (source RECYCO).....	17
Figure 6 : Carte du site d'exploitation RECYCO (Halles de stockage déchets entrants et préparation des mélanges).....	19
Figure 7 : Carte du site d'exploitation RECYCO (halles de stockage boulets / Fusion / Filtration).....	21
Figure 8 : (a) Face avant Xact 625i et (b) Vue de l'analyseur à rayons X et du système de prélèvement du Xact 625i.....	25
Figure 9 : Eléments du tableau périodique pouvant être mesurés par le Xact 625i.	26
Figure 10 : ACP sur 48 indicateurs binaires (hors concentrations de métaux).....	32
Figure 11 : Tri des vents en amont de la station de mesures BE9 (direction de vents de 150 à 300 degrés)	41
Figure 12 : Série temporelle des concentrations de différents métaux par mesures continues (Xact)	43
Figure 13 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact).....	44
Figure 14 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact) selon la direction des vents	44
Figure 15 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact) selon la vitesse des vents	45
Figure 16 : Concentrations hebdomadaires moyennes de Nickel (Ni) par mesures continues (Xact) par rapport aux roses de vents à la station de mesures BE9	46
Figure 17 : Concentrations hebdomadaires moyennes de Nickel (Ni) par mesures différées (filtres) par rapport aux roses de vents à la station de mesures BE9.....	48
Figure 18 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du groupe 1	52
Figure 19 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.1	53
Figure 20 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.2	54
Figure 21 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.3	55
Figure 22 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.4	56

Figure 23 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.5	57
Figure 24 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.6	58
Figure 25 : ACP des indicateurs de concentrations de Chrome (Cr) et des activités des groupes 1 et 2	60
Figure 26 : ACP des indicateurs de concentrations de Molybdène (Mo) et des activités des groupes 1 et 2	61
Figure 27 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités des groupes 1 et 2	62
Figure 28 : ACP des indicateurs de concentrations de Plomb (Pb) et des activités des groupes 1 et 2	63
Figure 29 : ACP des indicateurs de concentrations de Zinc (Zn) et des activités des groupes 1 et 2	64

Tableaux

Tableau 1 : Emissions de particules PM10 en 2018	12
Tableau 2 : Descriptif des stations de mesures Atmo Hauts-de-France mesurant le Nickel (Ni) dans la région	14
Tableau 3 : Liste des établissements de la plateforme industrielle d'Isbergues ICPE	16
Tableau 4 : Technique de mesures continues	26
Tableau 5 : Technique de mesures différées	28
Tableau 6 : Technique de mesures différées	28
Tableau 7 : Nomenclature des indicateurs étudiés (concentrations et activités)	29
Tableau 8 : Liste des indicateurs étudiées (activités) du groupe 1 (par type d'activité)	34
Tableau 9 : Liste des indicateurs étudiées (activités) du groupe 2 (par zone d'activité)	35
Tableau 10 : Taux de couverture des données de la campagne de mesures complètes	40
Tableau 11 : Matrice de corrélation des concentrations de métaux (mesures continues)	46
Tableau 12 : Matrice de ratios des concentrations moyennes de métaux (mesures continues)	47
Tableau 13 : Concentrations obtenues par la technique de mesures différées	47
Tableau 14 : Comparaison entre concentrations obtenues par les mesures continues (Xact) et différées (filtres)	49
Tableau 15 : Sélection des sous-groupes d'indicateurs d'activité corrélés par métal	59

1. Synthèse

Atmo Hauts-de-France effectue des mesures réglementaires de métaux lourds à proximité de la plateforme industrielle d'Isbergues. Les moyennes annuelles en **Nickel (Ni)** mesurées près du site industriel **dépassent la valeur cible réglementaire annuelle (20 ng/m³) depuis 2016** (de 29 ng/m³ en 2016 à 58 ng/m³ en 2022). Cette observation a engendré le besoin chez l'industriel de mieux comprendre et d'identifier les sources de Nickel (Ni) de la plateforme.

Dans ce contexte, RECYCO a sollicité l'association pour la mise en place d'un accompagnement qui vise à :

- Identifier des **indicateurs** permettant de mieux connaître l'impact de l'activité sur le site de mesure ;
- Réaliser des **mesures continues** (fréquence horaire) et **différées** (fréquence hebdomadaire) des concentrations de métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, mercure, molybdène, nickel, plomb, zinc) sur une période de novembre 2022 à janvier 2023 ;
- Analyser de façon croisée les **indicateurs** de concentrations (concentrations et directions de vents) et d'activités permettant la potentielle identification des sources d'émissions au sein du site.

La campagne d'observation a été effectuée du **21 novembre 2022 au 22 janvier 2023**, pendant 9 semaines consécutives. Au total, **55 indicateurs ont été observés et exploités (7 concentrations de métaux et 48 activités)**. La complétude des indicateurs et des mesures a été un facteur de réussite de l'analyse.

L'analyse statistique affinée (par Analyse en Composantes Principales ou ACP) sur les indicateurs a montré que les **concentrations du Nickel (Ni)** ont été relativement corrélées avec les activités **Inertage silo SA3, Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2 et Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3, Bouletage des mélanges (2 recettes), et Heures de fonctionnement des chargeuses**. Ce métal a montré une bonne corrélation par rapport au **Chrome (Cr)** de plus de 95%, ainsi les **mêmes indicateurs d'activité** pour ce métal ont été identifiés.

En ce qui concerne le **Plomb (Pb)**, cette analyse a indiqué que les concentrations sont relativement corrélées avec les activités **Inertage silo SA3, Réception des déchets en citerne, Réception des déchets en Big-Bag, Réception des déchets en vrac**. Ce métal est plutôt **lié aux activités de transferts/transports**.

Enfin, concernant le Zinc (Zn) l'analyse statistique par ACP a souligné une corrélation avec les activités et indicateurs **D4T : Intervention déboussages, Purges des bacs T1/FA1/Toiture, Bouletage des mélanges (recette « 304 »), Fusion des boulets au four (recette « 304 ») et DT : Delta P filtres**.

2. Enjeux et objectifs de l'étude

2.1. Objet de l'étude

Atmo Hauts-de-France effectue des mesures réglementaires de métaux lourds à proximité de la plateforme industrielle d'Isbergues (rue d'Impasse Vandaele). **Depuis 2016, les moyennes annuelles en Nickel (Ni) mesurées près du site, dépassent la valeur cible annuelle réglementaire (20 ng/m³) fixée dans l'article R221-1 du Code de l'environnement¹.**

L'implantation de la station de mesures « Isbergues impasse Vandaele » fait suite à plusieurs campagnes de surveillance de la qualité de l'air menées par Atmo Hauts-de-France à proximité de la plateforme entre 2011 et 2015. Il s'est avéré que la surveillance des métaux lourds dans l'air était nécessaire. Cette surveillance a été mise en œuvre de façon permanente à partir de septembre 2015 à l'aide d'une remorque mobile avec l'accord de la mairie. Les résultats d'analyse des métaux lourds obtenus depuis 2015 montrent un dépassement du seuil annuel réglementaire autorisé en Nickel (Ni) dans l'air ambiant (dépassement de la valeur cible fixée à 20 ng/m³ en moyenne annuelle) et imposent la surveillance continue de ce métal lourd. Une cabine fixe a ensuite été installée au bout de l'impasse Vandaele, proche du canal d'Aire à la Bassée qui longe le site industriel.

A plusieurs reprises ces dernières années, RECYCO, APERAM et Atmo Hauts-de-France ont travaillé en partenariat pour la réalisation de mesures venant compléter les mesures réglementaires, ceci afin de mieux comprendre et d'identifier les sources de Nickel (Ni) de la plateforme. Ces précédentes études étaient limitées par la non-prise en compte d'indicateurs d'activité au sein de la plateforme et la fréquence de mesures journalière ou hebdomadaire ne permettant pas, de discriminer les sources de Nickel (Ni) de la plateforme.

Dans ce contexte, RECYCO a sollicité l'association pour la mise en place d'un accompagnement qui vise à :

- Identifier des **indicateurs** permettant de mieux connaître l'impact de l'activité sur le site de mesure ;
- Réaliser des **mesures continues** (fréquence horaire) et **différées** (fréquence hebdomadaire) des concentrations de métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, mercure, molybdène, nickel, plomb, zinc) sur une période de novembre 2022 à janvier 2023 ;
- Analyser de façon croisée les **indicateurs** de concentrations (concentrations et directions de vents) et d'activités permettant la potentielle identification des sources d'émissions au sein du site.

¹ [Surveillance de la qualité de l'air ambiant \(Articles R221-1 à R221-3\)](#) - Légifrance

2.2. Contexte réglementaire

2.2.1. A échelle nationale

D'après le dernier bilan² de la qualité de l'air extérieur, 27 agglomérations françaises en 2021 ont été concernées par au moins un dépassement des seuils annuels réglementaires de la qualité de l'air ambiant, fixés pour la protection de la santé humaine. Ces dépassements concernent 4 polluants : le **Dioxyde d'azote (NO₂)**, l'**Ozone (O₃)**, les **Particules PM₁₀** et le **Nickel (Ni)**.

En France, le site d'Isbergues est l'unique site avec un dépassement du seuil annuel réglementaire de Nickel (Ni) en 2021.

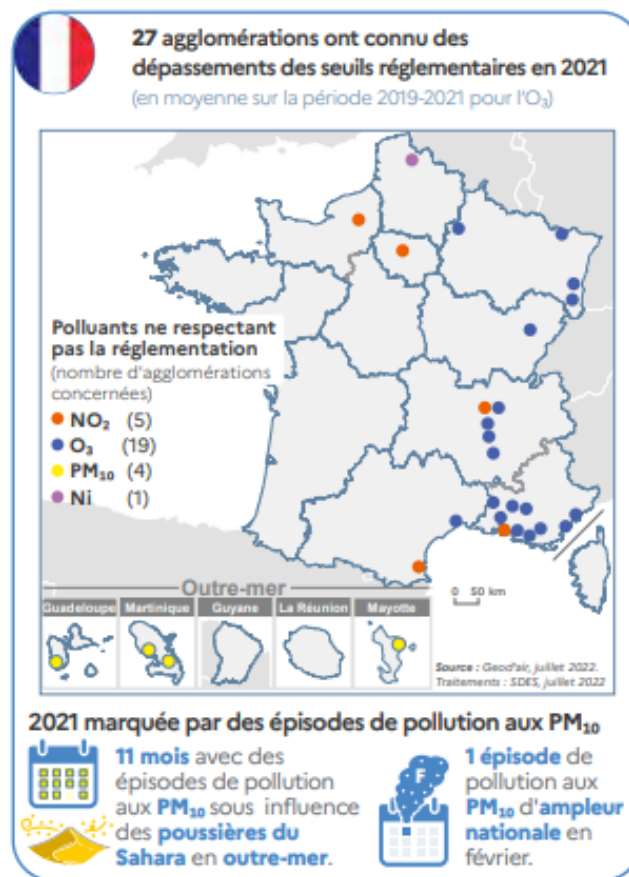


Figure 1 : Dépassements des seuils réglementaires en 2021 par agglomération en France

Le bilan ci-dessus est issu Geod'air, une base de données sur la qualité de l'air, publiée par l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) au titre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA).

Cette application centralise les données de mesures des polluants réglementés produites par les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et élabore des statistiques sur les niveaux de concentration dans l'air ambiant selon les règles définies au niveau européen.

Les objectifs de qualité sont les valeurs seuils propres à la législation française, définies dans le Code de l'environnement, ceux-ci n'apparaissent donc pas dans la base de données Geod'air.

2.2.2. A échelle régionale (Hauts-de-France)

En 2021, parmi les 12 polluants réglementés en France, 3 d'entre eux font l'objet d'un dépassement de valeurs réglementaires en Hauts-de-France :

- **Particules fines PM2.5** : Dépassement de l'objectif de qualité fixé à 10 µg/m³ en moyenne annuelle ;
- **Ozone (O₃)** : Dépassement de l'objectif long terme (OLT), protection de la santé, fixé à 120 µg/m³ en moyenne glissante sur 8 heures ;
- **Nickel (Ni)** : Dépassement de la valeur cible fixée à 20 ng/m³ en moyenne annuelle.

Suivi de la réglementation sur l'air ambiant 2012-2021 en région Hauts-de-France

Polluant	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Particules PM10	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Particules PM2.5	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Dioxyde d'azote	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Dioxyde de soufre	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Ozone	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Monoxyde de carbone	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Benzène	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Benzo[a]pyrène	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Arsenic	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Cadmium	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Nickel	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Plomb	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert

Légende





	Toutes les valeurs réglementaires sont respectées
	L'objectif de qualité (OQ) ou l'objectif long terme (OLT) n'est pas respecté
	La valeur cible n'est pas respectée
	La valeur limite n'est pas respectée



Figure 2 : Réglementation sur l'air ambiant 2021 dans la région Hauts-de-France

Si les Particules PM2.5 et l'Ozone ont eu des dépassements de seuils réglementaires (objectif de qualité / objectif long terme pour l'ozone à la valeur cible) au cours des 10 dernières années, le Nickel (Ni) dépasse sa valeur cible annuelle réglementaire depuis 2016, date d'implantation de la station de mesures Isbergues impasse Vandaele d'Atmo Hauts-de-France.

² [Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2021](#) (ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, octobre 2022)

2.3. Zoom sur les données d'émissions et concentrations des particules PM10 et du Nickel (Ni)

2.3.1. Particules PM10

☐ Sources

Les **particules en suspension** varient du point de vue de la taille, des origines, de la composition et des caractéristiques physico-chimiques. Elles sont classées selon leurs propriétés aérodynamiques : pour les particules PM10, il s'agit de particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 μm , pour les particules PM2.5, il s'agit de particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2.5 μm .

Parmi les poussières présentes dans l'air, certaines sont d'origine **naturelle** (sable du Sahara, embruns marins, pollens, etc.), d'autres sont d'origine **anthropique**. Ces dernières sont notamment émises par les installations de combustion, les transports (moteurs diesel, usure des pneus, etc.), les activités industrielles (construction, secteur minier, etc.), l'érosion de la chaussée, ou encore par le secteur agricole.

La multiplicité des sources d'émissions rend ainsi difficile l'estimation de la composition exacte des particules en suspension dans l'atmosphère.

Si les poussières présentes dans l'atmosphère peuvent être issues directement des rejets dans l'atmosphère (particules **primaires**), elles peuvent également résulter de transformations chimiques à partir des polluants gazeux (particules **secondaires**). Bien qu'elle constitue une source importante de particules, la génération de particules secondaires est difficile à quantifier, car elle met en jeu des mécanismes complexes, mal connus qualitativement et quantitativement.

Les inventaires des émissions ont pour objet de quantifier les émissions de particules primaires.

Contrairement aux polluants gazeux, les particules ne constituent pas une espèce chimique unique et homogène. Les aérosols atmosphériques sont constitués d'un **mélange complexe** de matière **organique** et **inorganique**. Chimiquement, les poussières sont constituées des éléments suivants :

- Des espèces carbonées : carbone élémentaire, carbone organique, matière organique. Elles comprennent les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les aldéhydes, les cétones, les pesticides, les dioxines, etc. ;
- Une fraction minérale : poussières minérales, ions inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, calcium, sodium, chlorures, etc.), métaux (plomb, nickel, cadmium, arsenic, titane, fer, cuivre, aluminium, etc.).

☐ Impacts sanitaires et environnementaux

La taille des particules joue un rôle important : **plus elles sont fines, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires**. Elles peuvent ainsi irriter et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules PM2.5 ont de ce fait un impact sanitaire plus important que les particules PM10. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes, du fait notamment de leur propension à contenir des polluants tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les métaux lourds.

Les **effets de salissure** des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes. Les **effets sur les écosystèmes** sont encore assez mal connus. Les particules pourraient avoir des effets sur le fonctionnement des végétaux via des réactions physiques et/ou chimiques, ainsi que sur les écosystèmes en modifiant le milieu, notamment l'eau et le sol (apport de nutriment, acidification, dépôt de polluants toxiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques ou les dioxines).

Les aérosols jouent également un **rôle important sur le climat**, car ils participent au bilan radiatif de la Terre : directement par action avec le rayonnement solaire, indirectement par modifications des propriétés des nuages. L'impact global de l'effet des aérosols sur le climat est difficile à estimer, mais il est primordial de les prendre en compte dans le cadre du réchauffement climatique.

☐ Emissions atmosphériques des particules PM10

Tableau 1 : Emissions de particules PM10 en 2018

Résolution	Quantités (kilotonnes)	Secteurs prédominants
France (*)	208.3	31.2% Résidentiel 27.5% Industrie manufacturière et construction 24.2% Agriculture, sylviculture et aquaculture
Hauts-de-France (**)	28.8	30.6% Agriculture, sylviculture et aquaculture 27.1% Résidentiel 21.1% Industrie manufacturière et construction
Pas-de-Calais (**)	6.9	33.9% Résidentiel 29.1% Agriculture, sylviculture et aquaculture 16.8% Industrie manufacturière et construction
Communauté d'agglomération de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane (**)	1	50.5% Résidentiel 18.3% Agriculture, sylviculture et aquaculture 16.6% Transports routiers

(*) : CITEPA – 2018

(**) : Inventaire régional des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) – 2018

Le pourcentage est exprimé par rapport au total des émissions de l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI). Les fiches en Annexe 4 sont réalisées sur un découpage ciblant les 9 principaux secteurs PCAET. Pour en savoir plus voir la rubrique « Tout savoir sur l'air – Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr.

2.3.2. Métaux lourds

☐ Sources

Les **métaux lourds** sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais généralement en très **faibles quantités**, sous forme de traces. Bien que la croûte terrestre constitue la principale source (**biogénique**) de métaux lourds, une partie de leurs émissions dans l'atmosphère est d'origine **anthropique**. Ils peuvent ainsi provenir de la combustion du charbon, du pétrole, des ordures ménagères et de certains procédés industriels particuliers.

☐ Impacts sanitaires et environnementaux

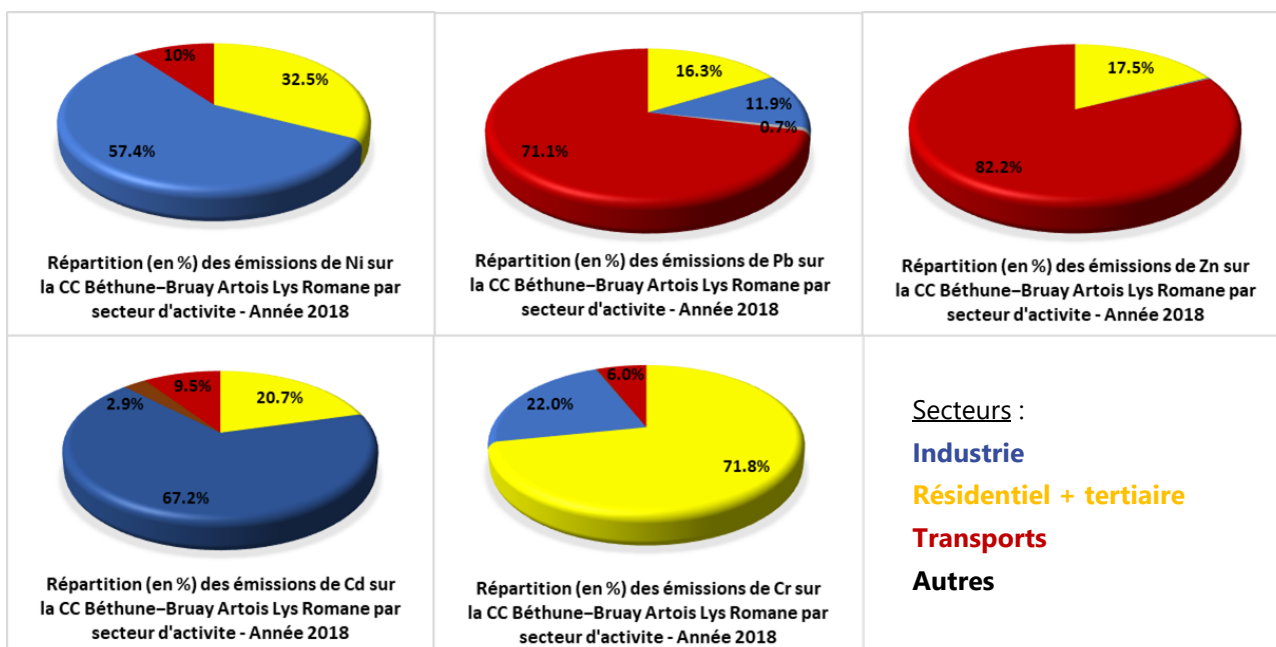
Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des **effets toxiques** à plus ou moins long terme selon la durée de l'exposition, la concentration et la nature du composé métallique. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, digestives, etc.

Certains éléments métalliques comme le nickel sont reconnus cancérigènes pour l'Homme.

Les métaux **contaminent les sols et les aliments**. Ils s'accumulent dans les organismes vivants tout au long de la chaîne alimentaire et perturbent les mécanismes biologiques.

☐ Emissions atmosphériques de métaux lourds

Les figures qui suivent présentent la répartition par secteur d'activité des émissions de la communauté de communes de Béthune-Bruay Artois Lys Romane. Ces données sont issues de l'inventaire régional des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4).



Dans la communauté de communes de Béthune–Bruay Artois Lys Romane, environ la moitié des émissions de Nickel (Ni) et de Cadmium (Cd) proviennent du secteur industriel, majoritairement de l'industrie manufacturière et construction et d'extraction, transformation, et distribution d'énergie. L'autre moitié provient majoritairement du secteur résidentiel (chauffage au fuel et au bois notamment) et du transport routier. Les émissions de Plomb (Pb) et de Zinc (Zn) proviennent majoritairement du secteur transport (> 70%) et du secteur résidentiel (≈ 16-17%). Le plus important contributeur (≈ 70%) aux émissions de Chrome (Cr) sur le territoire est le secteur résidentiel, le secteur industriel se trouvant en deuxième position (22%).

2.4. Historique des mesures de Nickel (Ni)

En 2021, 6 stations mesurent le Nickel (Ni) en région Hauts-de-France dans le cadre de la surveillance réglementaire.

Tableau 2 : Descriptif des stations de mesures Atmo Hauts-de-France mesurant le Nickel (Ni) dans la région

Nom station	Isbergues impasse Vandaele	Grande-Synthe
Code station (LCSQA)	28034	10034
Code station (Atmo Hauts-de-France)	BE9	DKI
Date mise en service	01/10/2015	23/07/2009
Adresse	Impasse Vandaele – Isbergues (62473) Communauté d'agglomération de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane	4 rue du Comte Jean - Jardins communaux – Grande-Synthe (59271) Communauté urbaine de Dunkerque
Implantation	Rurale proche	Urbaine
Localisation (Lambert-93)	Latitude : 50.6258444 Longitude : 2.4734889	Latitude : 51.0244611 Longitude : 2.3021528
Mesures	Métaux lourds (influence industrielle)	Dioxyde de soufre (SO ₂) Oxydes d'azote (NO/NO ₂ /NO _x) HAP Monoxyde de carbone (CO) Particules PM10 Métaux lourds (influence industrielle)

La mesure de Nickel (Ni) de la station de mesures à Grande-Synthe (DKI) permet une première comparaison des concentrations de ce polluant à Isbergues (BE9), les **2 mesures de ce métal étant sous influence industrielle** chacune. A l'exception d'un dépassement de la valeur cible annuelle réglementaire (20 ng/m³ en moyenne annuelle) en 2017, la station de DKI mesure des niveaux inférieurs à la valeur cible annuelle depuis 2016.

A la station de mesures **BE9**, les concentrations ont systématiquement **dépassé la valeur cible annuelle du Nickel (Ni) depuis la mise en place de la mesure**, et jusqu'à être 4 fois supérieures à la valeur réglementaire entre 2019 et 2021. Ces dépassements annuels témoignent d'une importante source de Nickel (Ni) contenu dans les poussières émises par les activités de la plateforme industrielle d'Isbergues, et charriées par les vents dominants de secteur sud-ouest vers la station de mesures BE9.

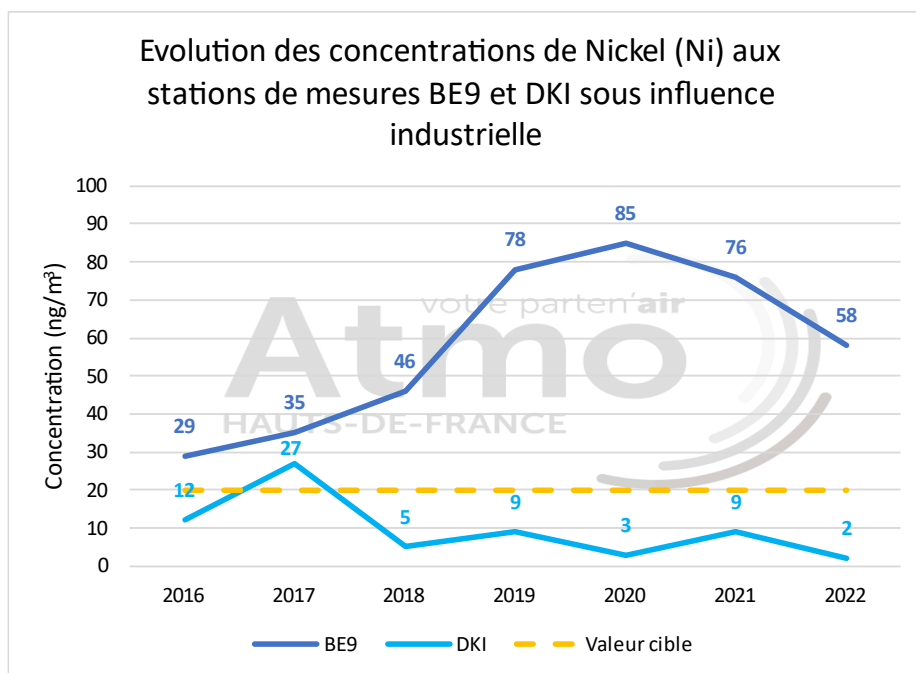


Figure 3 : Evolution des concentrations annuelles de Nickel (Ni) aux stations de mesures BE9 et DKI sous influence industrielle

2.5. Cadre de l'étude

Localisation de la plateforme industrielle d'Isbergues (62473) et des Installations Classées Protection Environnement (ICPE)



Figure 4 : Localisation de la plateforme industrielle d'Isbergues (62473) et des Installations Classées Protection Environnement (ICPE)

2.5.1. Plateforme industrielle d'Isbergues

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) pouvant avoir un impact et présentant des dangers sur l'environnement sont soumises à des réglementations spécifiques. Sur la plateforme industrielle d'Isbergues, les ICPE présentes sont les suivantes :

- **APERAM** : Métallurgie des autres métaux non ferreux ;
- **APERAM SERVICES & SOLUTIONS FRANCE** : Commerce de gros (commerces interentreprises) de minerais et métaux ;
- **IGNEO FRANCE** : Récupération de déchets triés ;
- **RECYCO** : Valorisation de déchets issus des industries métallurgiques ;
- **SOCIETE ARTESIENNE DE TRAVAUX ET CARRIERES** : Construction de routes et autoroutes ;
- **THYSSEN KRUPP ELECTRICAL STEEL UGO** : Sidérurgie.

Tableau 3 : Liste des établissements de la plateforme industrielle d'Isbergues ICPE

Nom établissement	Régime	Seveso	Code NAF rév.2
APERAM	Soumis à Autorisation	Seveso seuil haut	2445Z
APERAM SERVICES & SOLUTIONS FRANCE	Soumis à Autorisation	Non Seveso	4672Z
IGNEO FRANCE	Soumis à Autorisation	Seveso seuil haut	3832Z
RECYCO	Soumis à Autorisation	Seveso seuil haut	3811Z
SOCIETE ARTESIENNE DE TRAVAUX ET CARRIERES	Enregistrement	Non Seveso	4211Z
THYSSEN KRUPP ELECTRICAL STEEL UGO	Soumis à Autorisation	Non Seveso	2410Z

2.5.2. RECYCO (présentation et process)

Présentation

La société **RECYCO** est implantée au sein de la plateforme industrielle d'Isbergues. L'activité est concentrée sur la **valorisation des métaux** contenus dans des déchets provenant de l'industrie de métaux ferreux et non ferreux, notamment de son fournisseur principal APERAM installé sur le même site. Les ferro-alliages produits sont ensuite réintroduits pour leur exploitation en sidérurgie dans le groupe APERAM.

Son activité comprend principalement un atelier de séchage/bouletage et deux fours à arc électrique.

Process

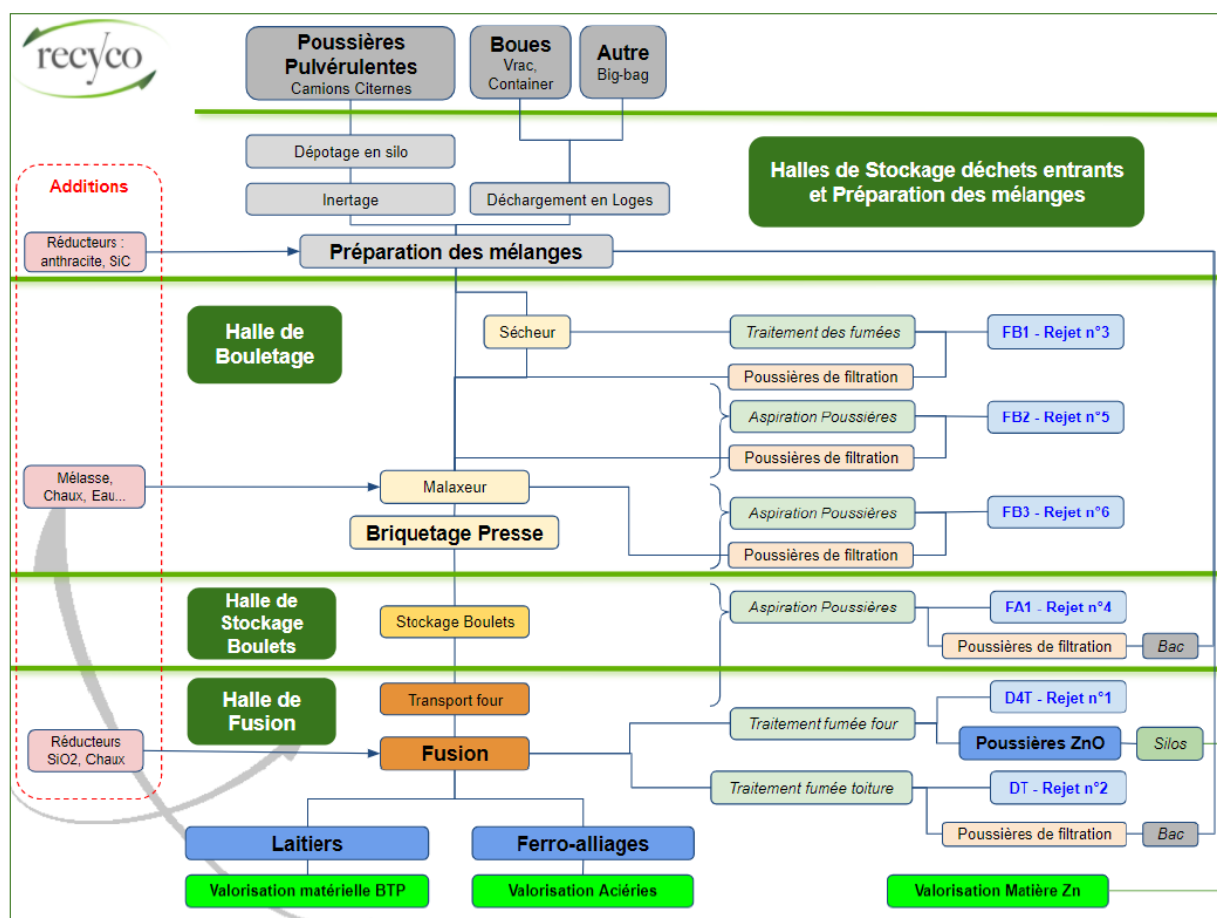


Figure 5 : Process de valorisation des déchets (poussières) en ferro-alliages (source RECYCO)

Récupération des déchets entrants : Le procédé de valorisation commence par une récupération des déchets d'oxydes métalliques (FeO, NiO, etc.) sous différentes formes telles que poussières pulvérulentes, boues, grenailles :

- Les poussières sèches et pulvérulentes sont livrées via des camions citernes et dépotées dans les silos SA1, SA2 et SA3 (voir Figure 6) des halles de stockage des déchets entrants et préparation des mélanges. Ces poussières riches en chaux vive subissent un inertage par pulvérisation d'eau à la sortie des silos avant d'être déplacées dans les loges dédiées dans les halles de stockage ;
- Les déchets humides (boues) livrés en vrac/container et les autres déchets contenus dans les big-bags sont déposés directement dans les loges dédiées dans les halles de stockage.

Préparation des mélanges : L'addition de réducteurs (nécessaires lors de l'opération de fusion réduction au four à arc électrique) sont mélangées avec les déchets entrants. Deux « recettes » sont réalisées :

- Campagne 304 : Contenant les éléments Fer (Fe), Chrome (Cr) et Nickel (Ni) ;
- Campagne 316 : Contenant les éléments Fer (Fe), Chrome (Cr), Nickel (Ni) et Molybdène (Mo).

Ces mélanges sont effectués à l'aide de chargeuses à godets équipées de pesons et qui déposent, selon la campagne en cours, la recette dans un extracteur acheminé dans la halle de bouletage.

Halles de stockage déchets entrants et préparation des mélanges (RECYCO)

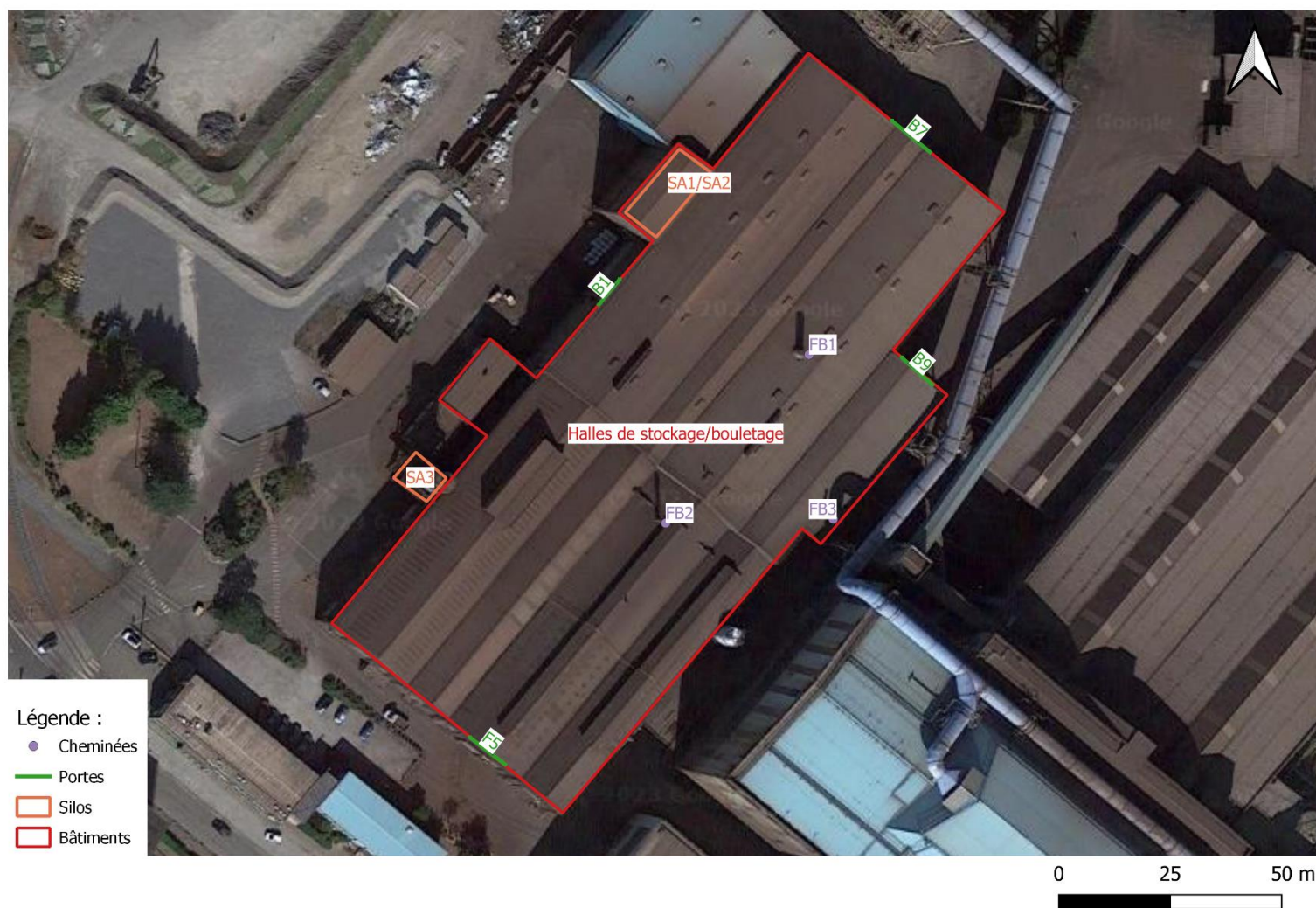


Figure 6 : Carte du site d'exploitation RECYCO (Halles de stockage déchets entrants et préparation des mélanges)

Briquetage : Selon le taux d'humidité, les mélanges peuvent passer par la filière sèche ou par un sécheur rejetant des fumées traitées à travers le conduit FB1 (rejet n°3) (Figure 6). Les poussières filtrées dans le filtre à manches sont reconduites à la sortie du sécheur.

Les mélanges sont ensuite conduits vers un malaxeur. Lors du transport vers le malaxeur, les poussières filtrées par un filtre à manches à travers le conduit FB2 (rejet n°5) (Figure 6) sont réintroduites dans le procédé de briquetage, en amont du malaxeur.

Dans le malaxeur, les mélanges sont ajoutés, de la mélasse (liant dans le procédé de briquetage). L'ensemble est malaxé et envoyé vers une presse gravitationnelle (deux cylindres alvéolés) fabriquant des briquettes ou « boulets ». De la même manière, les poussières générées lors du transport des mélanges, en aval du malaxeur, sont filtrées par un filtre à manches à travers le conduit FB3 (rejet n°6) (Figure 6) et réinjectées dans le procédé de briquetage, au niveau du malaxeur.

Les portes principalement utilisées dans des halles de stockage/bouletage sont les suivantes :

- B1 (façade ouest) ;
- B7 (façade nord) ;
- B9 (façade est) ;
- F5 (façade sud).

Une fois les boulets fabriqués, ils sont acheminés vers la halle de stockage où ils reposent environ 3 jours dans des bennes. Le contenu des bennes est déposé sur un basculeur à l'extrémité de la halle de stockage boulets. Le contenu est basculé dans une trémie et acheminé par bandes transporteuses vers les trémies d'alimentation des fours. Les poussières générées par les bandes transporteuses dans la halle de stockage sont filtrées via un filtre à manche à travers le conduit FA1 (rejet n°4) (Figure 7). Les poussières sont récupérées dans des bacs, régulièrement vidés dans la halle de stockage des matières entrantes en début de process.

Les portes principalement utilisées dans de la halle de stockage boulet sont les suivantes :

- AE6 (façade nord, gauche) ;
- AE23 (façade nord, droite).

Halles de stockage boulets / Fusion / Filtration (RECYCO)

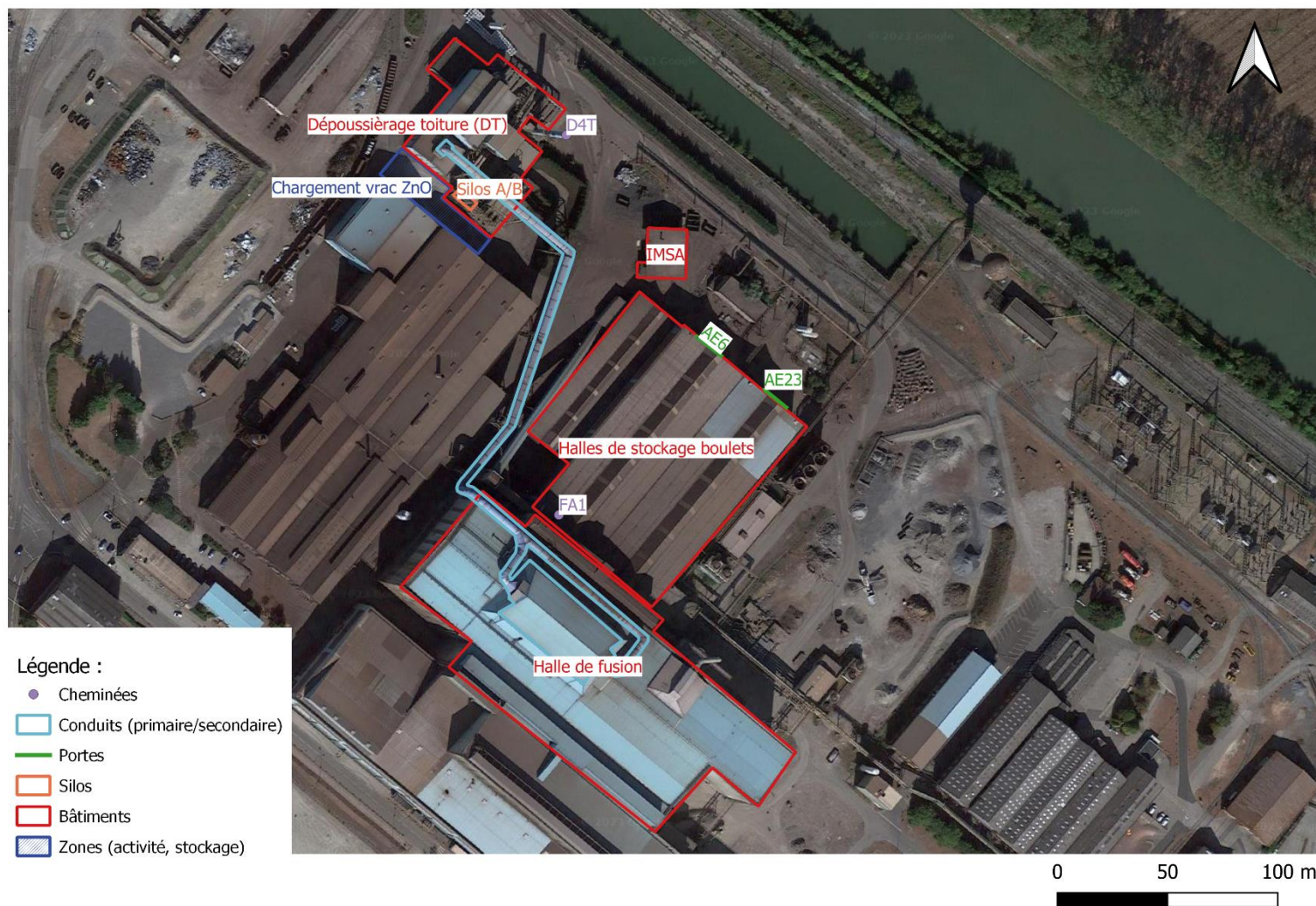


Figure 7 : Carte du site d'exploitation RECYCO (halles de stockage boulets / Fusion / Filtration)

Halle de fusion : Deux fours à arc électrique de 33 MW sont à l'intérieur de la halle de fusion. Leur capacité est de 100 tonnes. Lors d'une campagne, un four est en fonctionnement tandis que l'autre est à l'arrêt. Le four est composé de :

- Une marmite : Partie du four composée de réfractaires et de panneaux métalliques refroidis ;
- Une voûte en réfractaire avec 5 orifices : 3 pour les électrodes de graphite, 1 pour l'aspiration des fumées dans le dépoussiérage primaire D4T (rejet n°1) et 1 pour les additions de réducteurs.

Les boulets sont acheminés de la halle de stockage boulets à la halle de fusion via bandes transporteuses. Lors de la fusion, les réducteurs transforment les oxydes (principaux composants des boulets) en métal. Environ 90 tonnes de boulets sont fondus en 5 heures en moyenne. Le métal liquide contenu dans le four est coulé dans une poche et le laitier est récupéré en surface et vidé dans un cuvier lors de cette opération. La poche de métal liquide est ensuite vidée dans des lingotières (en cascade), une coulée représente environ 25-30 tonnes. Les lingots sont ensuite démoulés, trempés, puis cassés mécaniquement en blocs. Les blocs de ferroalliages sont les produits finis de RECYCO, prêts à être revalorisés en aciéries pour produire de nouveaux aciers inoxydables. Le laitier est quant à lui, transporté dans les zones de concassage autour du site RECYCO pour être valorisé par la suite comme remblais dans les aménagements routiers.

Les chambres de post-combustion permettent de brûler l'oxyde de carbone contenues dans les fumées aspirées. L'oxygène via les entrées d'air favorise l'oxydation du CO en CO₂. Les fumées chargées en poussières passent par des refroidisseurs tubulaires (air/air) via les conduits du circuit primaire (Figure 7).

Les poussières sont filtrées par des filtres à manches et récupérées dans les silos A et B, les fumées sont traitées par charbon actif et évacuées via le conduit D4T. Les poussières non récupérées par le dépoussiérage primaire sont aspirées en toiture : c'est le dépoussiérage secondaire ou DT (rejet n°2). Les poussières après filtration sont stockées en silo et récupérées dans un bac. Dans la zone de chargement vrac ZnO, les silos A et B et le bac sont déchargés dans des camions citernes pour valoriser ces déchets (Figure 7).

3. Matériels et méthodes

3.1. Méthodologie

De manière générale, l'accompagnement de RECYCO s'est traduit par **l'identification des indicateurs d'activité** au plus proche du process industriel d'une part, et ensuite **la mise en place de moyens de mesures complémentaires** avec une résolution temporelle plus fine (passant d'une surveillance hebdomadaire à horaire). L'analyse croisée de ces indicateurs d'activité avec les concentrations horaires en métaux lourds et les directions de vent associées permettra d'identifier les sources d'émissions au sein de l'entreprise.

3.1.1. Période de campagnes de mesures

Les mesures ont été effectuées du **21 novembre 2022 au 22 janvier 2023**, pendant 9 semaines consécutives à la station de mesures Atmo Hauts-de-France d'Isbergues impasse Vandaele (BE9).

3.1.2. Polluants mesurés

Huit métaux lourds (As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) contenus dans les PM10 ont été analysés en continu par un analyseur de métaux (Xact 625i, SailBri Cooper Inc) et 6 métaux lourds (As, Cd, Mo, Ni, Pb, Zn) analysés en parallèle par mesures différées (prélèvements sur filtres et analyses en laboratoire). Les données primaires sont des données **horaires** et **hebdomadaires**, respectivement. Dans un premier temps, **l'analyse des polluants** permet une comparaison directe de ces 2 techniques de mesures (concentrations, incertitudes, niveau de fond, etc.). Dans un second temps, **l'analyse croisée des indicateurs d'activité avec les concentrations horaires en métaux** et les directions de vent associées permet d'identifier les sources d'émissions au sein de l'entreprise. La complétude des indicateurs est donc facteur de réussite de l'analyse.

Le molybdène (Mo) a été calibré sur l'Xact en cours de la campagne, le 15 décembre 2022, suite à un problème d'étalonnage initial. Le mercure (Hg) est un élément se mesurant en phase gazeuse plutôt qu'en phase particulaire, compte tenu des concentrations très basses mesurées voire nulles, il a été décidé de ne pas traiter ce polluant dans les résultats.

3.1.1. Moyens et stratégie de mesures

Moyens de mesures

Toutes les mesures ont été effectuées depuis la **station fixe d'Isbergues impasse Vandaele (BE9)**. Par définition, une station fixe fournit des informations sur les concentrations de polluants atmosphériques sur un même site en continu ou de manière récurrente. Les stations fixes sont classées selon l'environnement d'implantation : station urbaine, station périurbaine ou station rurale (proche d'une zone urbaine, régionale ou nationale, respectivement). Chaque mesure réalisée dans la station (c'est-à-dire chaque polluant suivi) est ensuite classée selon le type d'influence prédominante : mesure sous influence industrielle, mesure sous influence trafic ou mesure de fond (mesure n'étant pas sous l'influence d'une source spécifique). La station BE9 est implantée en environnement rural proche d'une zone urbaine, et mesure les concentrations influencées par la plateforme industrielle située à proximité.

☐ Stratégie de mesures

Les **mesures fixes** sont des mesures effectuées à un endroit fixe, soit en continu, soit par échantillonnage aléatoire réparti uniformément sur l'année, afin de déterminer les niveaux de concentration d'un polluant selon des objectifs de qualité des données. Les **mesures indicatives** sont des mesures effectuées à un endroit fixe, soit en continu, soit par échantillonnage aléatoire réparti uniformément sur l'année, afin de déterminer les niveaux de concentration d'un polluant selon des objectifs de qualité des données moins stricts que ceux requis pour la mesure fixe.

Conformément à l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant³, les mesures décrites ci-dessous n'entrent pas dans une obligation de mesure fixe comme élaboré dans le Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) définissant la stratégie et les modalités de mise en œuvre des missions d'Atmo Hauts-de-France. Il existe déjà des mesures indicatives des métaux lourds Arsenic (As), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) et Plomb (Pb) à BE9 effectuée dans le cadre de la surveillance réglementaire.

Les 2 techniques de mesures décrites ci-dessous ont été programmées dans le cadre de cette étude. De ce fait, les mesures effectuées à la station BE9 sont des **mesures indicatives** et répondent à critères de couverture des données minimales définis en Annexe 5.

3.2. Mesures continues (Xact)

3.2.1. Observation

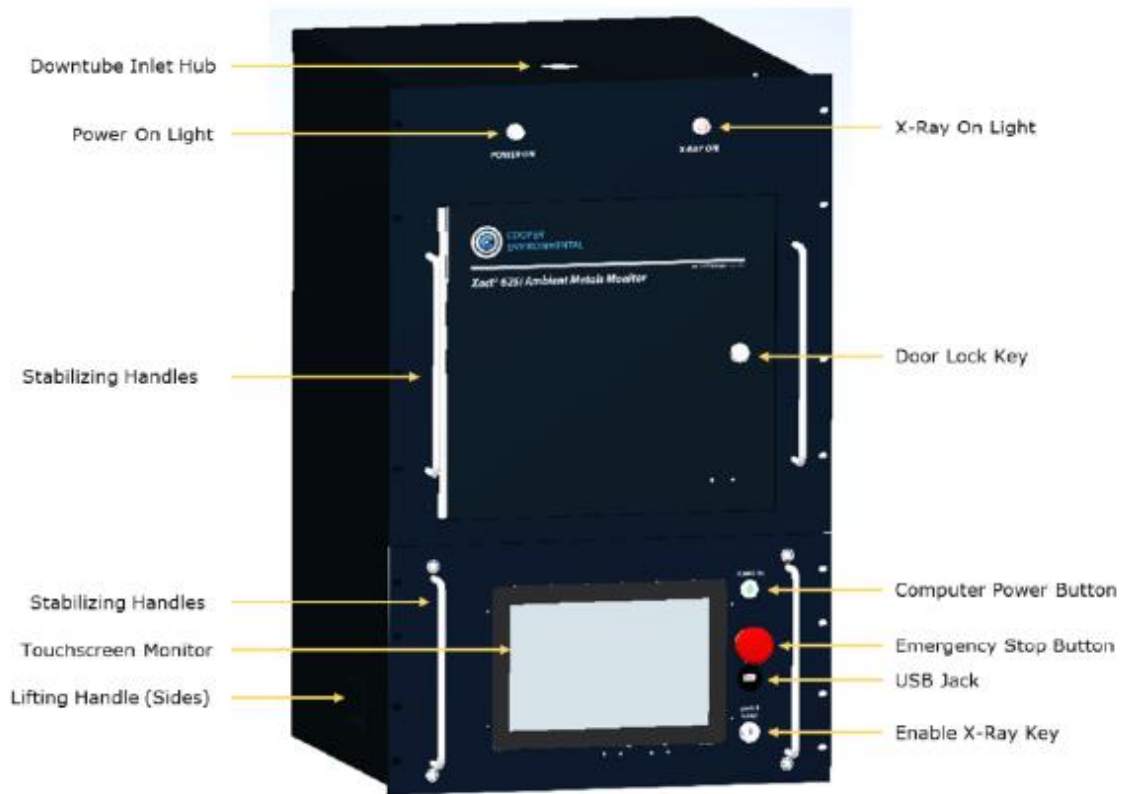
L'analyseur Xact® 625i, fabriqué par la société américaine SailBri Cooper Inc., a été conçu pour la mesure en temps réel et en continu des concentrations d'un large panel de métaux dans l'air ambiant. Les particules (possibilité de mesurer les Particules Totales en Suspension (TSP), particules PM10, PM2.5 ou PM1) sont échantillonnées par l'intermédiaire d'une tête de prélèvement avec un débit d'aspiration de 1 m³/h (16,7 L/min) puis sont collectées sur un ruban filtrant pendant une durée ajustable par l'utilisateur (15, 30, 60, 120, 180 ou 240 minutes). A la fin de la période de prélèvement, le ruban filtrant avance pour que le spot de collection se retrouve sous la source de rayonnement X pour une analyse par fluorescence (basée sur la méthode Environmental Protection Agency (EPA) Method IO3.3), tandis qu'un nouveau spot est collecté simultanément permettant une mesure en continu.

De plus, l'appareil effectue les contrôles automatisés d'Assurance Qualité (QA) une fois par jour (de 00h à 00h30) et les intègre pour surveiller systématiquement la stabilité et les performances des processus critiques d'analyse par fluorescence X. Ces contrôles incluent :

- Une calibration énergétique du tube à rayons X de minuit à 00h15 ;
- Un « QA Upscale » de 00h15 à 00h30.

Pour plus des informations, le manuel se trouve : <https://www.addair.fr/aerosols/xact-625i/>

³ Ministère de la transition écologique (Avril 2021) – [Arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant](#)



(a)



(b)

Figure 8 : (a) Face avant Xact 625i et (b) Vue de l'analyseur à rayons X et du système de prélèvement du Xact 625i.

Tableau 4 : Technique de mesures continues

Paramètres	Méthode de mesure	Technique	Résolution temporelle
Métaux mesures pendant l'étude : As, Cd, Cr, Mo, Ni, Pb, Zn	Xact® 625i, fluorescence X	Analyseur automatique : Analyse par énergie dispersive fluorescence à rayons X (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence : EDXRF)	1 heure

L'analyse par énergie dispersive fluorescence à rayons X (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence : EDXRF) est une analyse non destructive basée sur la mesure d'énergie et d'intensité d'émission de rayons X caractéristiques d'un élément métallique. Le nombre et l'intensité des rayons X produits sont proportionnels à la concentration de l'élément à identifier, pour lequel un étalonnage a été réalisé au préalable⁴. L'analyseur est capable d'identifier et mesurer au total 67 éléments métalliques : 44 dont les principaux (Sb, As, Ba, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Hg, Mn, Ni, Se, Ag, Sn, Ti, Tl, V, Zn).

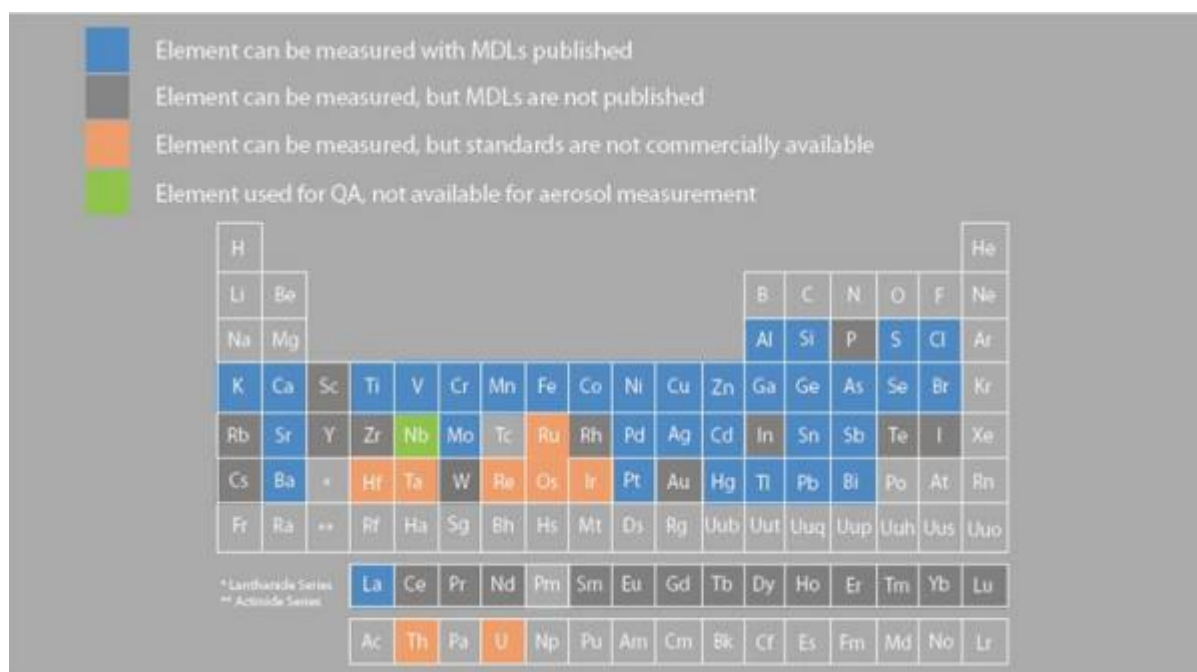


Figure 9 : Eléments du tableau périodique pouvant être mesurés par le Xact 625i.

Les limites de détection en fonction du temps d'échantillonnage sont fournies sur Annexe 2.

3.2.2. Incertitudes

Les incertitudes sur la mesure liées à l'appareil sont fournies avec les concentrations de métaux. Ces incertitudes ne représentent pas les incertitudes élargies (à savoir les incertitudes avec un niveau de confiance de 95% et un facteur d'élargissement k=2). Elles sont d'ordre de 4-7% pour le Chrome (Cr), le Nickel (Ni), le Plomb (Pb) et le Zinc (Zn). Elles montent jusqu'à 11% pour Molybdène (Mo) et 22% pour l'Arsenic (concentrations As faibles et proches du niveau du fond). Les incertitudes du Cadmium (Cd) sont très élevées, ce qui peut être expliqué par la plus faible sensibilité de l'appareil pour ce métal ainsi que les faibles niveaux de concentrations observés sur le site. Les séries temporelles avec les incertitudes se trouvent sur Annexe 2.

⁴ Manuel d'utilisation, fournis par ADDAIR SAS

3.2.3. Validation

Pendant la période de mesure, un rapport de vérification a été fourni par ADDAIR fréquemment, ce qui a permis de suivre que l'appareil ne présente pas de défaut de fonctionnement. Tous les rapports ont montré que l'analyseur a présenté des valeurs correctes de fonctionnement et n'a pas présenté de défaut de fonctionnement pendant la période d'étude.

De plus, plusieurs vérifications de la stabilité de l'appareil ont été effectuées pendant la campagne. Les constats qui concernent les métaux mesurés sont disponibles en Annexe 2.

Aucune validation environnementale n'a été appliquée lors de cette campagne de mesure, car Atmo Hauts-de-France ne dispose pas de station de mesures proche pour une comparaison de ce site en implantation rurale et sous influence industrielle avec ce type de mesures.

3.3. Mesures différées (filtres)

3.3.1. Observation

Tableau 5 : Technique de mesures différées

Paramètre	Méthode de mesure	Norme de référence	Technique	Résolution temporelle
Métaux : As, Cd, Mo, Ni, Pb et Zn	Prélèvement sur filtre	NF EN 14902 (décembre 2005) ⁵	Préleveur actif	1 semaine

Les filtres ont été analysés par dosages de métaux dans les particules PM10 piégées sur des filtres en fibres de quartz, selon la norme NF EN 14902. La norme précédemment citée, est la méthode de mesures normalisée pour la mesure de l'Arsenic (As), du Cadmium (Cd), du Nickel (Ni) et du Plomb (Pb) dans la fraction PM10 de la matière particulaire en suspension. Le laboratoire IANESCO SAS a été le prestataire choisi pour ces analyses accréditées COFRAC.

Chaque lot de filtres est envoyé avec un « blanc terrain » certifiant de la non-contamination des filtres avant démarrage de la mesure et un « blanc de transport » certifiant de la non-contamination des filtres lors du transport de la station de mesures au laboratoire.

3.3.2. Incertitudes

Selon le guide pratique de l'estimation des incertitudes élargies de As, Cd, Ni et Pb dans les PM10 (Partie n°8 - fév. 2010), les incertitudes type composée (%) sont les suivantes :

Tableau 6 : Technique de mesures différées

Semaine	Date et heure de prélèvement (TU)		Incertitude élargie (ng/m ³)				Incertitude élargie relative (%)			
	Début	Fin	As	Cd	Pb	Ni	As	Cd	Pb	Ni
S1	Invalidation du filtre									
S2	Semaine incomplète									
S3	11/12/2022 23h00	18/12/2022 23h00	0.1	0.1	2.5	0.7	16.9%	16.4%	16.5%	17.3%
S4	18/12/2022 23h00	25/12/2022 23h00	0.1	0.5	9.9	13.9	26.2%	10.3%	10.4%	10.2%
S5	25/12/2022 23h00	01/01/2023 23h00	0.1	0.9	16.1	20.9	22.5%	13.5%	15.5%	20.9%
S6	01/01/2023 23h00	08/01/2023 23h00	0.1	0.4	9.3	15.3	22.6%	15.8%	15.7%	16.6%
S7	08/01/2023 23h00	15/01/2023 23h00	0.1	0.8	13.3	19.9	22.7%	15.8%	15.7%	16.6%
S8	15/01/2023 23h00	22/01/2023 23h00	0.2	0.5	15.7	16.8	21.1%	15.8%	15.7%	16.6%

Les incertitudes élargies sont calculées à partir des incertitudes sur différents types :

- Incertitude sur la masse de métaux sur le filtre ;
- Incertitude sur les blancs labo qui correspond la LD/2 ;
- Incertitude max pour le débit ;
- Incertitude de la variance sur la concentration massique.

3.3.3. Validation

Après retour d'analyse, la validation technique des données a été assurée par Atmo Hauts-de-France. Disposant d'un historique de données, les mesures filtres peuvent être invalidées si les données comportaient un écart trop important et non justifié (comparaison aux directions de vents et sources connues) et/ou si un incident lors de la mesure s'était produit par exemple.

Concernant la validation environnementale, aucune comparaison avec un autre site de mesure n'a pu être faite lors de cette campagne de mesure, car Atmo Hauts-de-France ne dispose pas de station de mesures proche de ce site en implantation rurale et sous influence industrielle, avec ce type de mesures. En revanche, chaque filtre a pu être validé en fonction des directions de vent et des émetteurs environnants connus.

3.4. Indicateurs

3.4.1. Indicateurs étudiés

Afin de rechercher les corrélations entre les niveaux ambiants de métaux et les activités du site industriel RECYCO, une liste d'indicateurs a été définie pour identifier les principales sources d'émissions. **La définition de ces indicateurs a été faite au plus proche du process de l'entreprise par RECYCO.** Les opérateurs de l'entreprise ont ainsi saisi les activités heure par heure sur un fichier partagé avec Atmo Hauts-de-France. La nomenclature des indicateurs étudiés est la suivante :

Tableau 7 : Nomenclature des indicateurs étudiés (concentrations et activités)

Identifiant	Nom	Type d'indicateur	Commentaires
Cr_amont	Cr	Concentration	-
Ni_amont	Ni	Concentration	-
Zn_amont	Zn	Concentration	-
Mo_amont	Mo	Concentration	-
Cd_amont	Cd	Concentration	-
Hg_amont	Hg	Concentration	Non exploitable
Pb_amont	Pb	Concentration	-
As_amont	As	Concentration	-
BLTG304	Bouletage des mélanges (recette « 304 »)	Activité	-
BLTG316	Bouletage des mélanges (recette « 316 »)	Activité	-
ARRBLTG	Arrêt de l'activité du bouletage	Activité	-
FOUR304	Fusion des boulets au four (recette « 304 »)	Activité	-
FOUR316	Fusion des boulets au four (recette « 316 »)	Activité	-
ABCITE	Déchargement des silos A et B via camions citernes (*)	Activité	-

⁵ AFNOR – [Norme NF EN 14902 \(décembre 2005\)](#)

ABVRAC	Déchargement des silos A et B en vrac (*)	Activité	-
ZNOVRAC	Chargement du vrac ZnO (parc) (*)	Activité	-
MYOSBLT	Transfert Myosotis / Bouletage (*)	Activité	-
PBR1R2S	Purges des bacs R1R2/Sauterelle	Activité	-
PB55	Purges des bacs 55	Activité	-
PBT1FA1	Purges des bacs T1/FA1/Toiture	Activité	-
DTDPFIL	DT : Delta P filtres	Activité	-
DTSILMO	DT : Intervention silo + MO35	Activité	-
D4TF155	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT155 (four 155)	Activité	-
D4TF255	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT255 (four 255)	Activité	-
INTDEBO	D4T : Intervention débousses	Activité	-
RAPPMTZ	D4T : Indicateur de maintenance rapport MTZ	Activité	Non exploitable
VOPAD4T	D4T : Valeurs opacimètre D4T	Activité	-
VOPAF1	Opacimètre des fumées du rejet n°4 FA1	Activité	-
VOPAF2	Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2	Activité	-
VOPAF3	Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3	Activité	-
INERSA1	Inertage silo SA1	Activité	-
INERSA2	Inertage silo SA2	Activité	-
INERSA3	Inertage silo SA3	Activité	-
HRCHARG	Heures de fonctionnement des chargeuses	Activité	Modification du code activité
HRNPIST	Nettoyage des pistes	Activité	-
HRPAKIR	Passage du KIROW (*)	Activité	-
HRNTSUE	Nettoyage SUEZ (*)	Activité	Non exploitable
ARRFOUR	Arrêt de l'activité de la fusion au four	Activité	-
HRPAIMS	Passage bennes IMSA (*)	Activité	Non exploitable
CRCONCC	Criblage et concassage crassiers (zone nord-ouest)	Activité	-
CHARCAL	Chargement camions laitiers (*)	Activité	-
HRAPIST	Relevé des arrosages des pistes	Activité	Modification du code activité
INCENV	Incident environnement	Activité	-
CHARFER	Chargement et expédition des ferroalliages (*)	Activité	-
RCDVRAC	Réception des déchets en vrac (*)	Activité	-
RCDCITE	Réception des déchets en citerne (*)	Activité	-
RCDBB	Réception des déchets en Big-Bag (*)	Activité	-
RCREDBB	Réception des réducteurs en Big-Bag (*)	Activité	-
RCREDVR	Réception des réducteurs en vrac (*)	Activité	-
RCMLCIT	Réception de la mélasse/chaux en citerne (*)	Activité	-
RCCRFACT	Réception consommables réfractaires et autres (*)	Activité	-
AZSDP5	Criblage et concassage crassiers (zone SDP5)	Activité	-
TT	Travaux toiture	Activité	-
DIV	Divers	Activité	-
INCENVP	Incident environnement plateforme	Activité	-
B7	Ouverture porte B7 (porte nord bâtiment)	Activité	-
AE6	Ouverture porte AE6 (porte nord gauche bâtiment)	Activité	-
AE23	Ouverture porte AE23 (porte nord droite bâtiment)	Activité	-
F5	Ouverture porte F5 (porte sud bâtiment)	Activité	-
B9	Ouverture porte B9 (porte est bâtiment)	Activité	Non exploitable

(*) activité liée aux transferts/transports

L'identifiant correspond au nom court donné au paramètre étudié, celui-ci sera utilisé dans la partie Résultats de l'étude pour une lecture rapide et simplifiée des paramètres introduits dans les analyses statistiques.

Les 5 indicateurs (Hg_amont, RAPPMTZ, HRNTSUE, HRPAIMS et B9, commentés « non exploitable ») ont été retirés de l'analyse car aucune donnée de concentration ou d'activité n'a été mesurée/recensée lors de la campagne. Les données d'activité des 2 indicateurs (HRCHARG et HRAPIST) ont été modifiées passant de « Heures de non-fonctionnement des chargeuses » à « Heures de fonctionnement des chargeuses » (HRCHARG) et « Relevé des non-arrosages des pistes » à « Relevé des arrosages des pistes » (HRAPIST).

Au total, **55 indicateurs ont été étudiés (7 concentrations de métaux et 48 activités)**.

3.5. Traitements statistiques

3.5.1. Principe d'Analyse en Composantes Principales (ACP)

Afin d'analyser le jeu de données de 55 indicateurs, toutes les données brutes ont été transformées en **variables quantitatives** :

- Pas de modification si l'indicateur était déjà renseigné au format numérique ;
- Forçage de l'indicateur en format numérique binaire (« 0 – non il n'y a pas d'activité », « 1 – oui il y a une activité ») le cas échéant.

Pour visualiser ce jeu de données contenant des individus décrits par plusieurs variables quantitatives, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée avec le logiciel R©. **Cette méthode permet d'étudier des ensembles de données multidimensionnelles avec des variables quantitatives via une méthode de projection d'un espace tout en conservant le maximum d'informations** (il s'agit d'une mesure de la variance ou de l'inertie totale de l'ensemble du jeu de données) des variables initiales.

L'ACP synthétise la variance des indicateurs renseignés en de nouvelles variables appelées « composantes principales » ou « valeurs propres », le nombre de composantes principales doit être inférieur ou égal au nombre de variables d'origine.

Pour une meilleure appréhension et lecture de l'étude, les ACP utilisées réduisent les dimensions du jeu de données à 2 composantes principales dans cette étude. Un graphique à 2 dimensions peut être ainsi visualisé pour chaque test via un « **cercle de corrélation** », en perdant le moins d'informations possible.

Pour simplifier davantage l'information, ces 48 indicateurs (hors concentrations de métaux) ont tous été transformés en format numérique binaire (« 0 – non il n'y a pas d'activité », « 1 – oui il y a une activité »).

Par exemple :

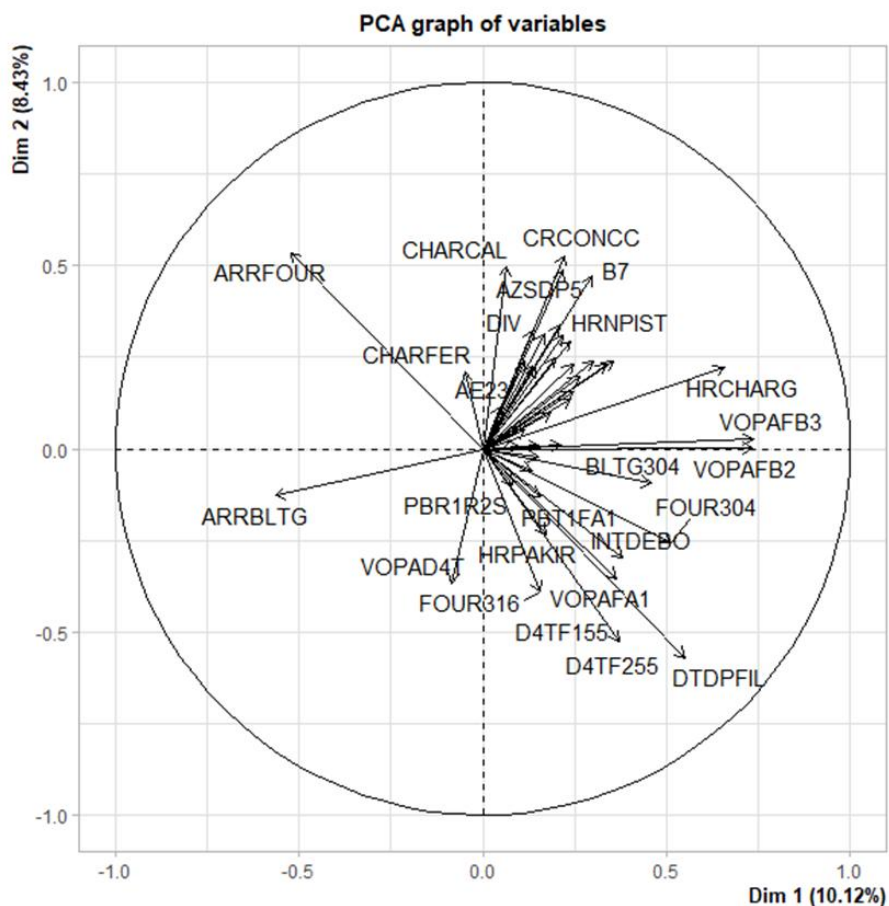


Figure 10 : ACP sur 48 indicateurs binaires (hors concentrations de métaux)

Remarques :

- ARRBLTG et HRCHARG sont regroupés, l'arrêt de l'activité bouletage est positivement corrélé avec les heures de non-fonctionnement des chargeuses dans le bâtiment de stockage/bouletage ;
- DTDPFIL, D4TF155 et D4TF255 sont regroupés, les systèmes de filtration (primaire et toiture) fonctionnent en même temps ;
- En projetant le produit scalaire de FOUR304 et FOUR316, celui-ci serait diamétralement opposé à ARRFOUR. En d'autres termes, l'indicateur de fusion des boulets au four (recettes « 304 » et 316 ») est anti-corrélé avec l'arrêt de l'activité de la fusion au four.
- Les composantes principales « Dim 1 » et « Dim 2 » ont un total d'information résumé de 18.55%. Le total d'information des indicateurs bruts numériques simplifiés en indicateurs binaires diminue seulement de 0.6%. Il y a **peu de pertes d'information résumée en passant des indicateurs bruts numériques aux indicateurs binaires.**

3.5.2. Retours sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP)

Comme échangé avec RECYCO, la méthode statistique des Analyses en Composantes Principales (ACP) de la figure précédente répond bien à la logique des indicateurs issus du process de l'entreprise. **L'interprétation des corrélations entre indicateurs est cohérente et peut donc être utilisée en intégrant les données de concentrations des métaux dans la partie Résultats de l'étude.**

De plus, il est judicieux de **travailler par groupe d'indicateurs** binaires pour plusieurs raisons :

- Cibler des groupes d'indicateurs pertinents permettra d'accroître le pourcentage total d'informations des indicateurs résumé par les 2 composantes principales ;
- Mettre tous les indicateurs au format numérique binaire permettra un traitement égal pour l'ensemble des indicateurs.

Les analyses ACP permettront de **discriminer potentiellement des activités pouvant expliquer les fortes concentrations mesurées sur le site industriel.**

Groupes d'indicateurs

Pour une bonne interprétation des résultats d'ACP, il est primordial de regrouper les indicateurs d'activité par groupe dans un premier temps, pour les confronter ensuite aux indicateurs de concentrations de métaux. Deux groupes d'indicateurs ont été distingués :

Groupe 1 (par type d'activité)

Dans ce groupe 1, les indicateurs d'activité ont été classés en 15 sous-groupes selon le type d'activité :

- 1.1 : Bouletage des mélanges (recette « 304 ») ;
- 1.2 : Bouletage des mélanges (recette « 316 ») ;
- 1.3 : Arrêt de l'activité du bouletage ;
- 1.4 : Fusion des boulets au four (recette « 304 ») ;
- 1.5 : Fusion des boulets au four (recette « 316 ») ;
- 1.6 : Activités liées aux transferts/transports ;
- 1.7 : Purges des bacs ;
- 1.8 : Dépoussiérages primaire (D4T) et secondaire (DT) ;
- 1.9 : Inertages des silos ;
- 1.10 : Heures de fonctionnement des chargeuses ;
- 1.11 : Arrêt de l'activité de la fusion au four ;
- 1.12 : Activités liées aux criblages et concassages ;
- 1.13 : Divers/Incidents ;
- 1.14 : Ouverture des portes / Zones d'accès ;
- 1.15 : Valeurs opacimètres.

Tableau 8 : Liste des indicateurs étudiées (activités) du groupe 1 (par type d'activité)

Identifiant	Nom	Type d'indicateur	Sous-groupe
BLTG304	Bouletage des mélanges (recette « 304 »)	Activité	1.1
BLTG316	Bouletage des mélanges (recette « 316 »)	Activité	1.2
ARRBLTG	Arrêt de l'activité du bouletage	Activité	1.3
FOUR304	Fusion des boulets au four (recette « 304 »)	Activité	1.4
FOUR316	Fusion des boulets au four (recette « 316 »)	Activité	1.5
ABCITE	Déchargement des silos A et B via camions citernes (*)	Activité	1.6
ABVRAC	Déchargement des silos A et B en vrac (*)	Activité	1.6
CHARCAL	Chargement camions laitiers (*)	Activité	1.6
CHARFER	Chargement et expédition des ferroalliages (*)	Activité	1.6
HRPAKIR	Passage du KIROW (*)	Activité	1.6
MYOSBLT	Transfert Myosotis / Bouletage (*)	Activité	1.6
RCCRFT	Réception consommables réfractaires et autres (*)	Activité	1.6
RCDBB	Réception des déchets en Big-Bag (*)	Activité	1.6
RCDCITE	Réception des déchets en citerne (*)	Activité	1.6
RCDVRAC	Réception des déchets en vrac (*)	Activité	1.6
RCMLCIT	Réception de la mélasse/chaux en citerne (*)	Activité	1.6
RCREDBB	Réception des réducteurs en Big-Bag (*)	Activité	1.6
RCREDVR	Réception des réducteurs en vrac (*)	Activité	1.6
ZNOVRAC	Chargement du vrac ZnO (parc) (*)	Activité	1.6
PB55	Purges des bacs 55	Activité	1.7
PBR1R2S	Purges des bacs R1R2/Sauterelle	Activité	1.7
PBT1FA1	Purges des bacs T1/FA1/Toiture	Activité	1.7
D4TF155	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT155 (four 155)	Activité	1.8
D4TF255	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT255 (four 255)	Activité	1.8
DTDPFIL	DT : Delta P filtres	Activité	1.8
DTSILMO	DT : Intervention silo + MO35	Activité	1.8
INTDEBO	D4T : Intervention déboussages	Activité	1.8
INERSA1	Inertage silo SA1	Activité	1.9
INERSA2	Inertage silo SA2	Activité	1.9
INERSA3	Inertage silo SA3	Activité	1.9
HRCHARG	Heures de fonctionnement des chargeuses	Activité	1.10
ARRFOUR	Arrêt de l'activité de la fusion au four	Activité	1.11
AZSDP5	Criblage et concassage crassiers (zone SDP5)	Activité	1.12
CRCONCC	Criblage et concassage crassiers (zone nord-ouest)	Activité	1.12
DIV	Divers	Activité	1.13
HRAPIST	Relevé des arrosages des pistes	Activité	1.13
HRNPIST	Nettoyage des pistes	Activité	1.13
INCENV	Incident environnement	Activité	1.13
INCENVP	Incident environnement plateforme	Activité	1.13
TT	Travaux toiture	Activité	1.13
AE23	Ouverture porte AE23 (porte nord droite bâtiment)	Activité	1.14

AE6	Ouverture porte AE6 (porte nord gauche bâtiment)	Activité	1.14
B7	Ouverture porte B7 (porte nord bâtiment)	Activité	1.14
F5	Ouverture porte F5 (porte sud bâtiment)	Activité	1.14
VOPAD4T	D4T : Valeurs opacimètre D4T	Activité	1.15
VOPAFA1	Opacimètre des fumées du rejet n°4 FA1	Activité	1.15
VOPAFB2	Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2	Activité	1.15
VOPAFB3	Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3	Activité	1.15

(*) activité liée aux transferts/transports

Groupe 2 (par zone d'activité)

Dans ce groupe 2, les indicateurs d'activité ont été classés en 6 sous-groupes selon la zone d'activité :

- 2.1 : Zone halles de stockage/bouletage ;
- 2.2 : Zone halles de stockage des boulets ;
- 2.3 : Zone halle de fusion ;
- 2.4 : Zone dépoussiérages primaire (D4T) et secondaire (DT) ;
- 2.5 : Autres zones extérieures ;
- 2.6 : Autres indicateurs.

A noter que, les indicateurs ARRBLT et ARRFOUR, étant des indicateurs d'arrêts des activités bouletage et fusion respectivement, ont été écartés du groupe 2. En effet, l'arrêt de ces activités n'impacte pas la hausse des concentrations de métaux dans l'air ambiant.

Tableau 9 : Liste des indicateurs étudiées (activités) du groupe 2 (par zone d'activité)

Identifiant	Nom	Type d'indicateur	Sous-groupe
B7	Ouverture porte B7 (porte nord bâtiment)	Activité	2.1
BLTG304	Bouletage des mélanges (recette « 304 »)	Activité	2.1
BLTG316	Bouletage des mélanges (recette « 316 »)	Activité	2.1
F5	Ouverture porte F5 (porte sud bâtiment)	Activité	2.1
HRCHARG	Heures de fonctionnement des chargeuses	Activité	2.1
INERSA1	Inertage silo SA1	Activité	2.1
INERSA2	Inertage silo SA2	Activité	2.1
INERSA3	Inertage silo SA3	Activité	2.1
MYOSBLT	Transfert Myosotis / Bouletage (*)	Activité	2.1
RCDBB	Réception des déchets en Big-Bag (*)	Activité	2.1
RDCITE	Réception des déchets en citerne (*)	Activité	2.1
RCDVRAC	Réception des déchets en vrac (*)	Activité	2.1
RCMLCIT	Réception de la mélasse/chaux en citerne (*)	Activité	2.1
RCREDBB	Réception des réducteurs en Big-Bag (*)	Activité	2.1
RCREDVR	Réception des réducteurs en vrac (*)	Activité	2.1
TT	Travaux toiture	Activité	2.1
VOPAFB2	Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2	Activité	2.1
VOPAFB3	Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3	Activité	2.1
AE23	Ouverture porte AE23 (porte nord droite bâtiment)	Activité	2.2
AE6	Ouverture porte AE6 (porte nord gauche bâtiment)	Activité	2.2

PBT1FA1	Purges des bacs T1/FA1/Toiture	Activité	2.2
VOPAFA1	Opacimètre des fumées du rejet n°4 FA1	Activité	2.2
FOUR304	Fusion des boulets au four (recette « 304 »)	Activité	2.3
FOUR316	Fusion des boulets au four (recette « 316 »)	Activité	2.3
PBR1R2S	Purges des bacs R1R2/Sauterelle	Activité	2.3
RCCRFACT	Réception consommables réfractaires et autres (*)	Activité	2.3
ABCITE	Déchargement des silos A et B via camions citernes (*)	Activité	2.4
ABVRAC	Déchargement des silos A et B en vrac (*)	Activité	2.4
D4TF155	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT155 (four 155)	Activité	2.4
D4TF255	D4T : Delta P aspiration filtres / CA PT255 (four 255)	Activité	2.4
DTDPFIL	DT : Delta P filtres	Activité	2.4
DTSILMO	DT : Intervention silo + MO35	Activité	2.4
INTDEBO	D4T : Intervention déboussages	Activité	2.4
PB55	Purges des bacs 55	Activité	2.4
VOPAD4T	D4T : Valeurs opacimètre D4T	Activité	2.4
ZNOVRAC	Chargement du vrac ZnO (parc) (*)	Activité	2.4
AZSDP5	Criblage et concassage crassiers (zone SDP5)	Activité	2.5
CHARCAL	Chargement camions laitiers (*)	Activité	2.5
CHARFER	Chargement et expédition des ferroalliages (*)	Activité	2.5
CRCONCC	Criblage et concassage crassiers (zone nord-ouest)	Activité	2.5
HRAPIST	Relevé des arrosages des pistes	Activité	2.5
HRNPIST	Nettoyage des pistes	Activité	2.5
HRPAKIR	Passage du KIROW (*)	Activité	2.5
DIV	Divers	Activité	2.6
INCENV	Incident environnement	Activité	2.6
INCENVP	Incident environnement plateforme	Activité	2.6

(*) activité liée aux transferts/transports

4. Résultats de l'étude



L'échelle des temps de toutes les mesures est exprimée en UTC (Temps Universel Coordonné) également nommé TU (Temps Universel). Il faut y ajouter 2 heures en période d'heure d'été et 1 heure en période d'heure d'hiver pour obtenir l'heure locale.

4.1. Contexte météorologique

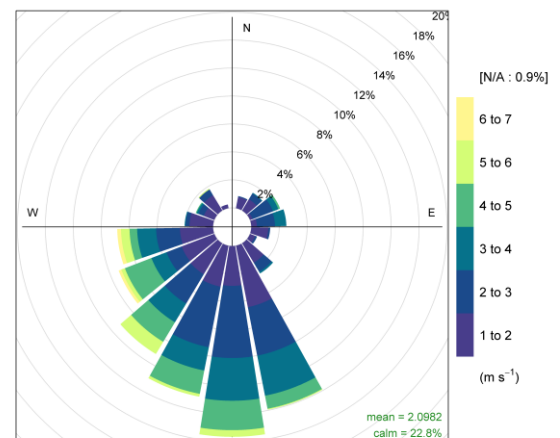


Le contexte météorologique peut avoir un impact sur les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique.

Certains paramètres favorisent la dispersion (par exemple les vents forts) et/ou le lessivage des polluants, d'autres au contraire vont favoriser leur accumulation (hautes pressions, inversion de température, stabilité atmosphérique), ou leur formation (comme l'ensoleillement).

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques dans lesquelles les mesures des polluants ont été effectuées.

Le détail des paramètres vitesses de vents, températures, précipitations, pressions est précisé en Annexe 3. Les graphiques suivants représentent les **roses des vents** pendant la période d'étude. Les données météorologiques utilisées sont issues de la station de mesures BE9 à Isbergues.



Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele du 22/11/2022 à 01h00 (TU) au 23/01/2023 à 00h00 (TU) (données horaires)

66

Guide de lecture des roses de vents

- Les pétales se placent en fonction des directions de vents (d'où vient le vent) ;
- La fréquence des vents est indiquée en pourcentage par les cercles concentriques ;
- Les couleurs indiquent les vitesses de vents, le jaune étant significatif de vents forts.

Les vents dont la vitesse est inférieure à 1m/s ne sont pas représentés car ils ne sont pas significatifs.

99

Durant la campagne, le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud-ouest (73%) ; dans ce cas, la plateforme se trouve en amont du point de prélèvement. Ce n'est que pendant la 1^{ère} (29/11 - 7/12/2022) et la 3^{ème} semaine (12-18/12/2022-), où des vents provenant d'autres directions ont été observés (Annexe 3).

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s) avec quelques fois (~3 %) des vents plus forts (vitesse > 5 m/s).

Ci-dessous, se trouvent les graphiques qui représentent les **roses de pollution** pendant la période d'étude. Les données météorologiques utilisées sont issues de la station de mesures BE9 à Isbergues.

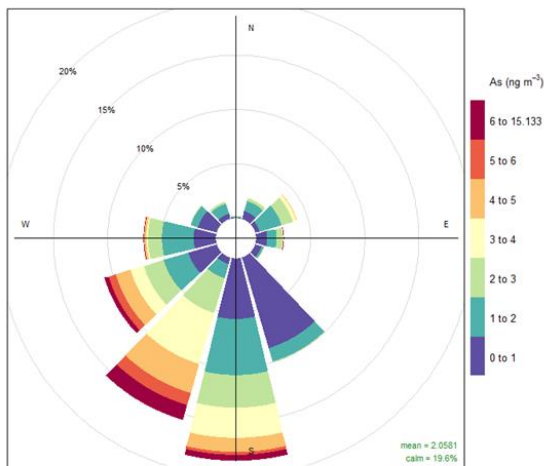
66

Guide de lecture des roses de pollution

Sur la rose de pollution, la couleur de chaque case indique le maximum horaire en Nickel (Ni) (par exemple) observé pour la vitesse et direction de vent indiquées par la position de la case sur la rose. Une case éloignée du centre de la rose correspond à une vitesse de vent élevée. Les cases jaunes, oranges, et rouges indiquent donc les directions et les vitesses de vent pour lesquelles des concentrations élevées de Ni ont été observées.

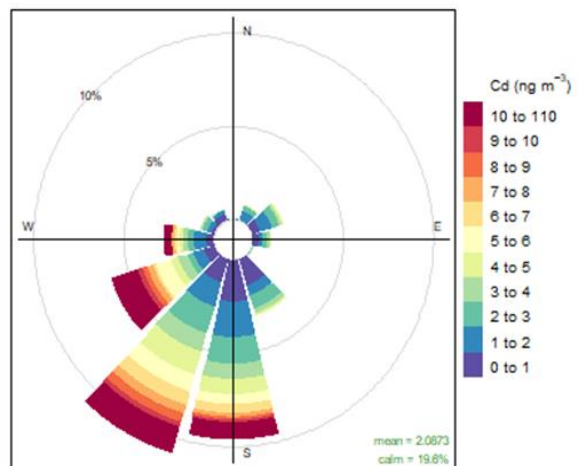
99

☐ Arsenic (As)



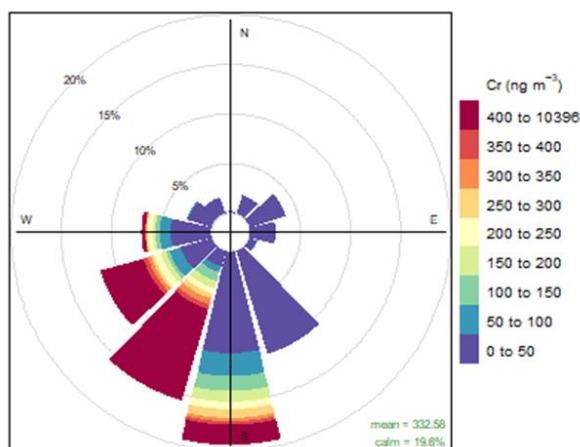
Frequency of counts by wind direction (%)

☐ Cadmium (Cd)



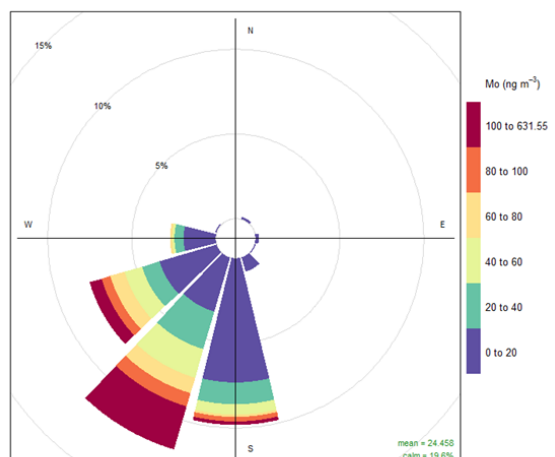
Frequency of counts by wind direction (%)

☐ Chrome (Cr)



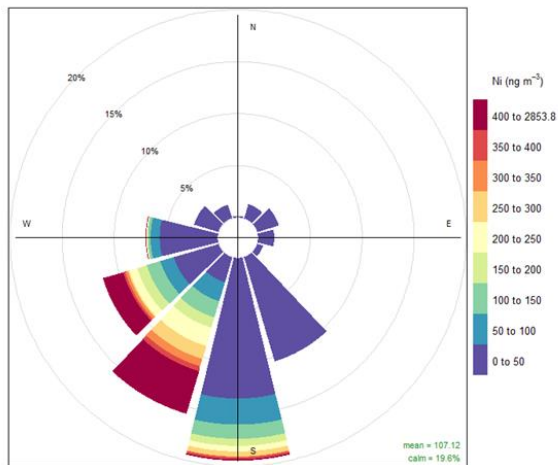
Frequency of counts by wind direction (%)

☐ Molybdène (Mo)



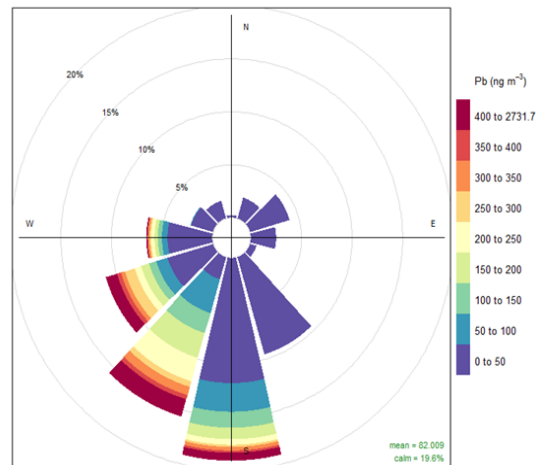
Frequency of counts by wind direction (%)

Nickel (Ni)



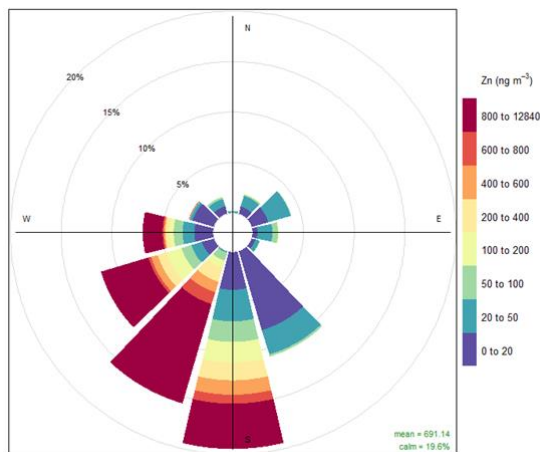
Frequency of counts by wind direction (%)

Plomb (Pb)



Frequency of counts by wind direction (%)

Zinc (Zn)




Frequency of counts by wind direction (%)

Les roses de pollution des mesures des différents métaux, pour l'ensemble de la période de la campagne, indiquent que les concentrations des métaux sont généralement influencées par la plateforme industrielle d'Isbergues :

Les concentrations plus élevées de tous des métaux préviennent du secteur sud à sud-ouest, sous le vent de la plateforme RECYCO.

4.2. Analyses statistiques des concentrations

Les données délivrées par le dispositif de mesures des polluants atmosphériques ont été systématiquement validées puis agrégées afin de calculer des paramètres statistiques comparables à la réglementation en vigueur et afin d'interpréter rigoureusement la qualité de l'air sur la zone d'étude concernée. La validation prend en compte la justesse de la mesure effectuée en contrôlant la dérive de l'appareil à la fin de campagne.

 **L'échelle des temps de toutes les mesures est exprimée en UTC (Temps Universel Coordonné) également nommé TU (Temps Universel). Il faut y ajouter 2 heures en période d'heure d'été et 1 heure en période d'heure d'hiver pour obtenir l'heure locale.**

4.2.1. Mesures continues

Taux de couverture des données

Le **taux de couverture temporelle (%)** est équivalent au nombre d'heures dans la campagne de mesures pendant lesquelles il est prévu d'effectuer une mesure. Ce nombre est assimilé au nombre de mesures horaires réalisées (valides et invalides).

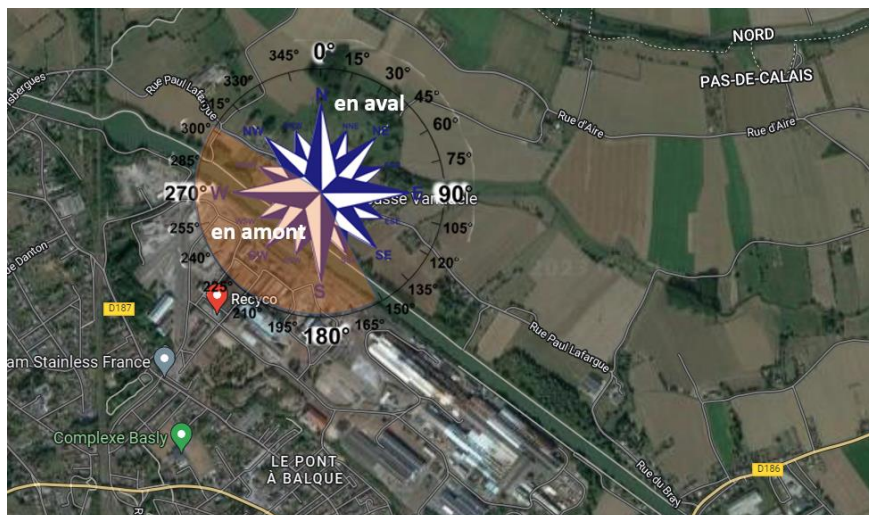
Le **taux de saisie (%)** désigne la proportion de données valides contenues dans la période de mesure.

Le **taux de couverture des données horaires sur l'année (%)** correspond au produit de la couverture temporelle par le taux de saisie. Les couvertures des données lors de la campagne de mesure 7 métaux analysés du 21 novembre 2022 au 22 janvier 2023 sont les suivantes :

Tableau 10 : Taux de couverture des données de la campagne de mesures complètes

Polluant	Couverture temporelle (%)	Taux de saisie (%)	Taux de couverture des données horaires sur l'année (%)	Taux de couverture des données requis (%)
As	98	17	17	13
Cd	98	17	17	13
Cr	98	17	17	13
Mo	63	11	7	13
Ni	98	17	17	13
Pb	98	17	17	13
Zn	98	17	17	13

Comme vu précédemment dans Matériels et méthodes, le Molybdène (Mo) ayant été étalonné plus tardivement à partir du 15 décembre 2022, le traitement des résultats pour cet élément se fera uniquement sur la période du 15 décembre 2022 au 22 janvier 2023, période pour laquelle le taux de saisie est de 100%.

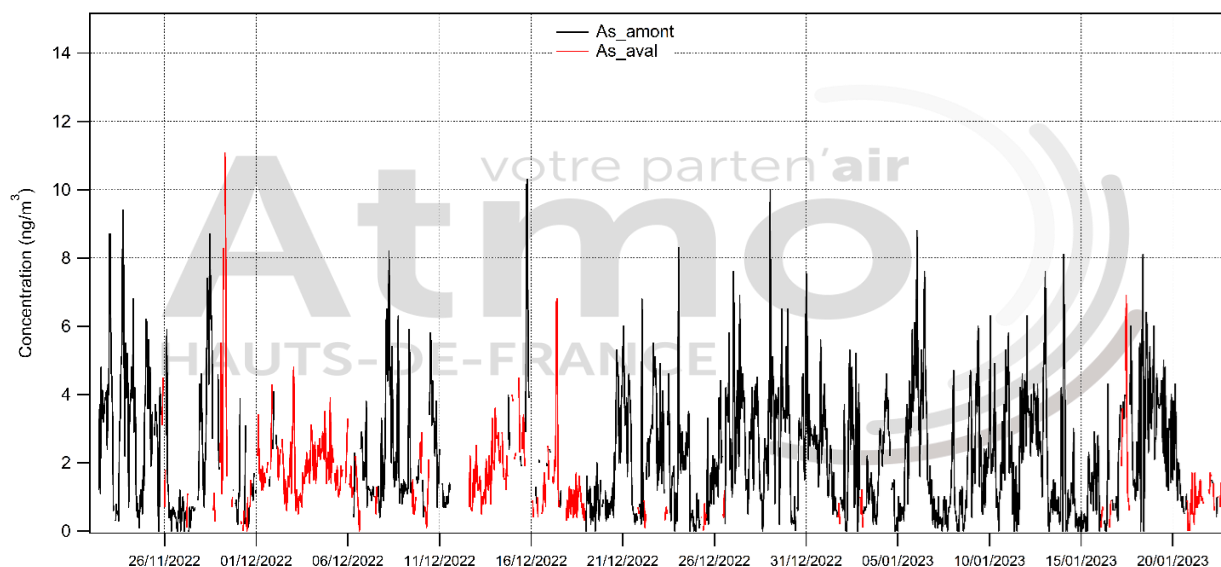


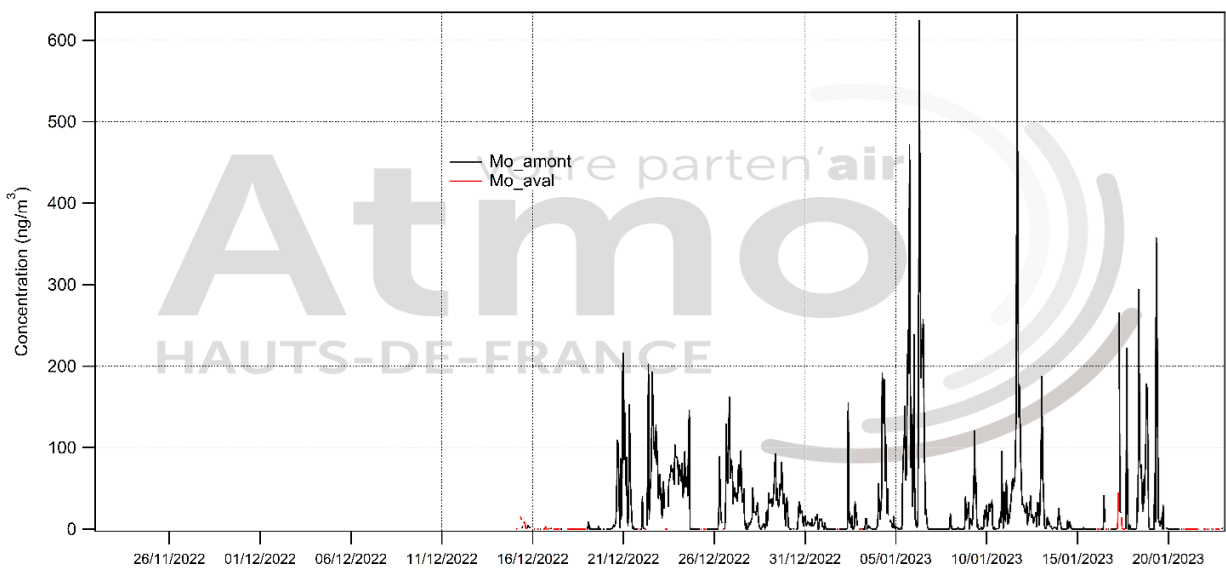
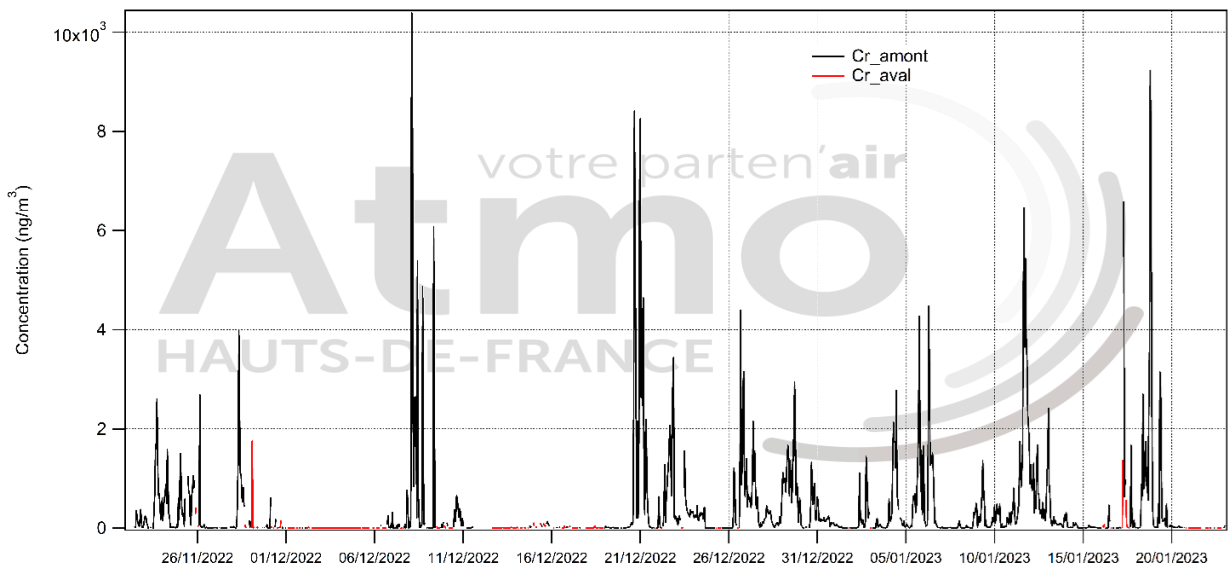
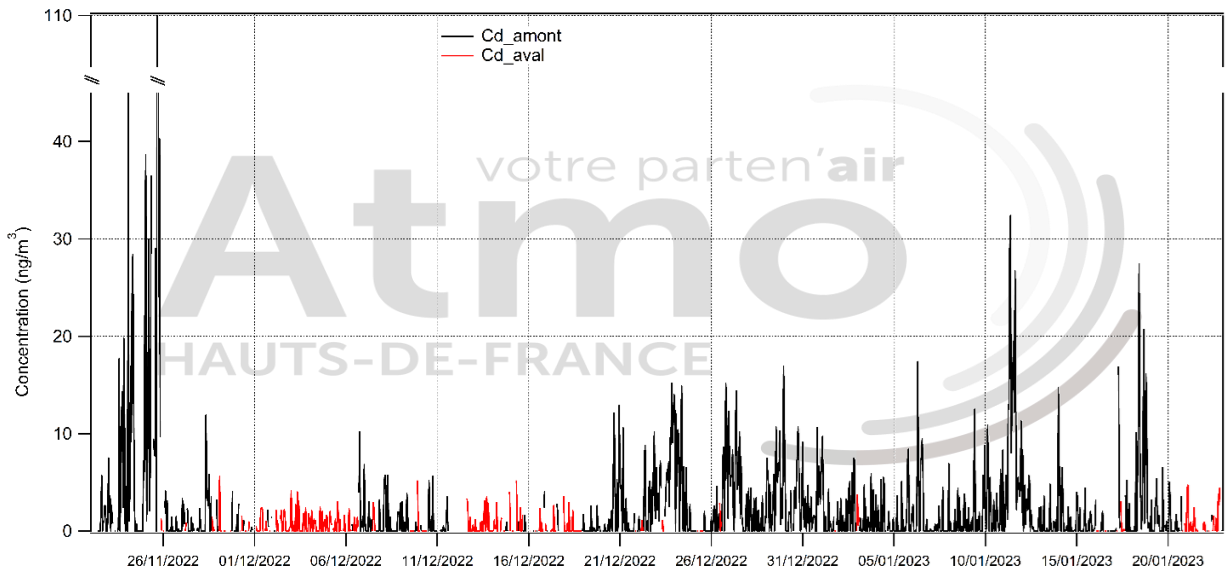
Afin d'analyser les concentrations de la station de mesures BE9 sous les vents en provenance de la plateforme industrielle d'Isbergues (**en amont**), un tri des données de concentrations a été effectué en prenant en compte seulement les vents issus du secteur compris entre 150 et 300 degrés comme sur la Figure 11.

Figure 11 : Tri des vents en amont de la station de mesures BE9 (direction de vents de 150 à 300 degrés)

Les figures ci-dessous représentent les **séries temporelles des concentrations de métaux** par polluant mesurées en continu par l'Xact. En **noir**, se trouve la courbe des concentrations sous influence des vents **en amont** de la station de mesures BE9, et en **rouge** la courbe des concentrations sous influence des vents **en aval** de la station de mesures BE9 (voir Figure 12).

D'après la Figure 13, il apparaît que les concentrations hautes (pics des concentrations de la courbe noire) sont bien attribuées à des vents en provenance de la plateforme industrielle d'Isbergues (**en amont**). Pour le Nickel (Ni), 2 pics ont été mesurés (courbe rouge) le 29/11/2022 et le 17/01/2023 (dans ce cas, la plateforme est en aval du point de prélèvement). Ces pics correspondent à une période où les vents ont été calmes (< 1 m/s ; voire inexistants), ce qui peut conduire à l'accumulation ou au ré-envol des métaux dans l'atmosphère.





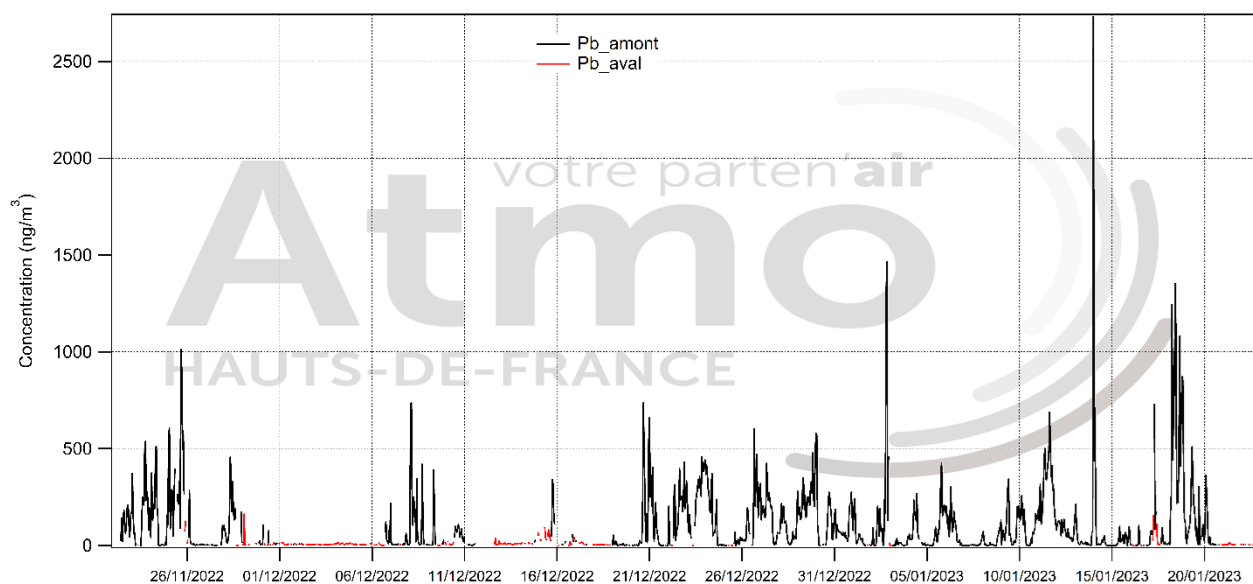
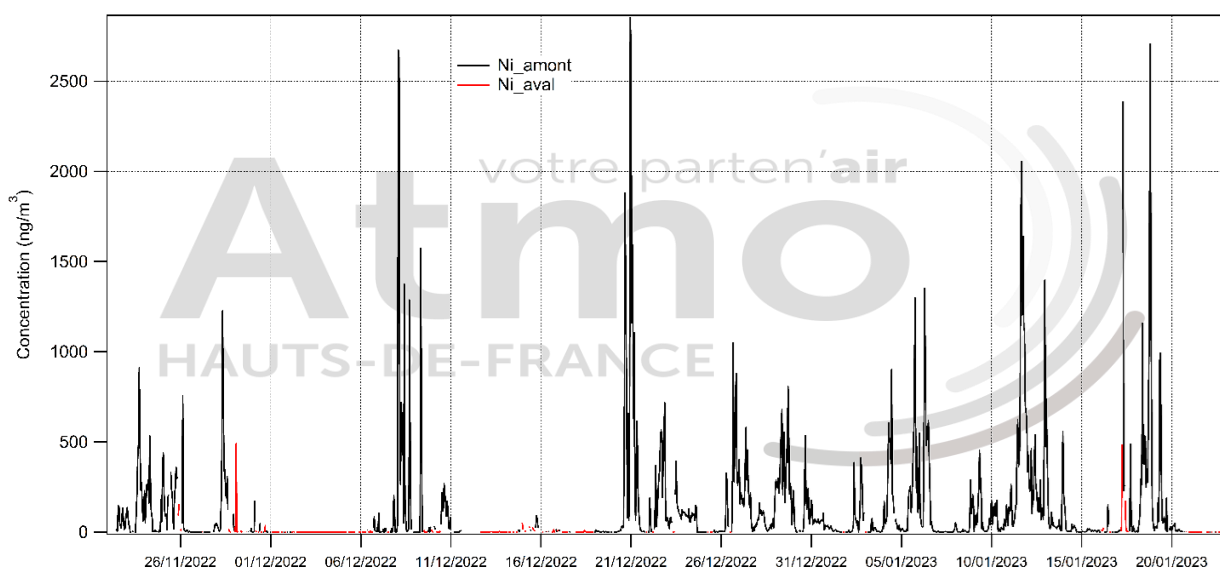


Figure 12 : Série temporelle des concentrations de différents métaux par mesures continues (Xact)

D'après la Figure 12, les concentrations d'Arsenic (As) et de Cadmium (Cd) sont de 2.1 ng/m^3 en moyenne sur la campagne, proches du bruit de fond régional. L'appareil des mesures continues a mesuré des concentrations relativement élevées en Chrome (Cr), Molybdène (Mo), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn).

L'importante différence entre la moyenne et la médiane montre la présence de forts pics de concentrations horaires mesurées à proximité de la station de mesures BE9.

Comparativement à la réglementation sur l'air ambiant (voir Annexe 6), les concentrations ici mesurées se trouvent inférieures aux seuils réglementaires de l'Arsenic (As), du Cadmium (Cd) et du Plomb (Pb).

La moyenne des concentrations de Nickel (Ni) durant l'étude a été supérieure à la valeur cible annuelle du Nickel (Ni) fixée à 20 ng/m^3 .

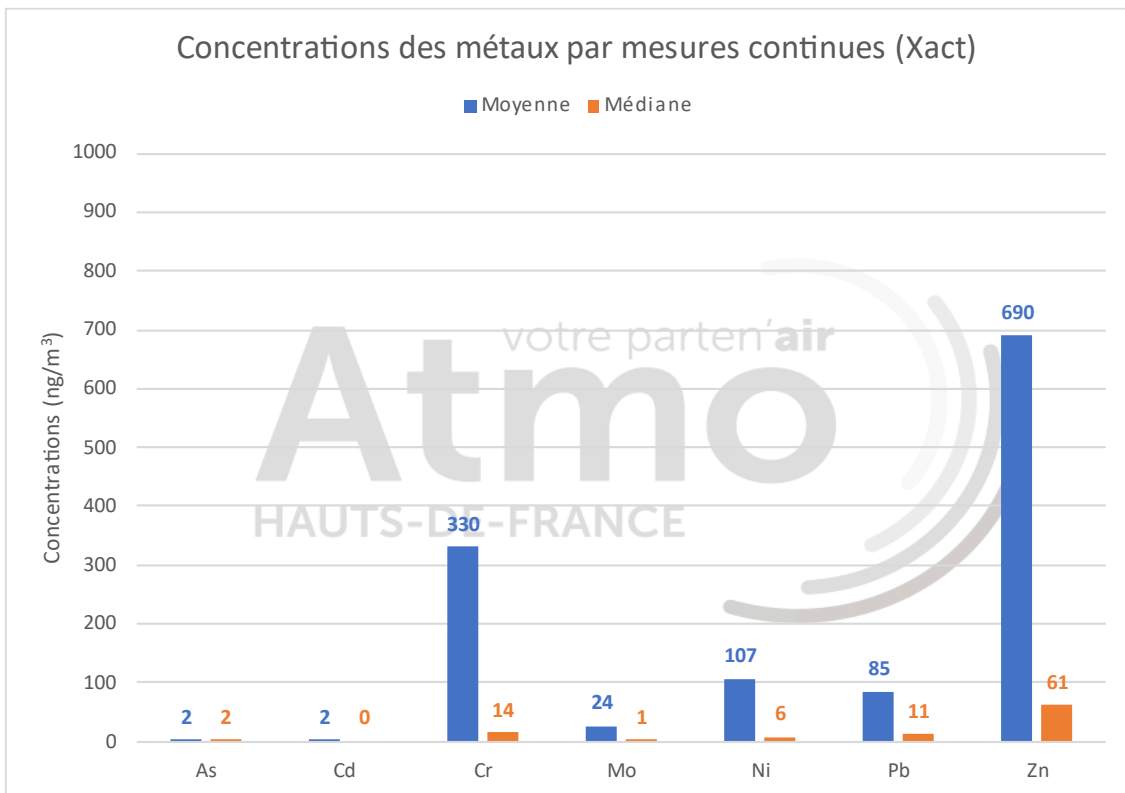


Figure 13 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact) (tous secteurs de vents confondus)

Le taux de couverture temporelle, tous secteurs de vents confondus, du Molybdène (Mo) et des autres métaux passent de 63 et 98% à 52 et 71%, respectivement, en sélectionnant les concentrations horaires où la direction du vent était comprise entre 150 et 300 degrés.

Ces couvertures temporelles restent suffisamment élevées pour la suite de l'exploitation.

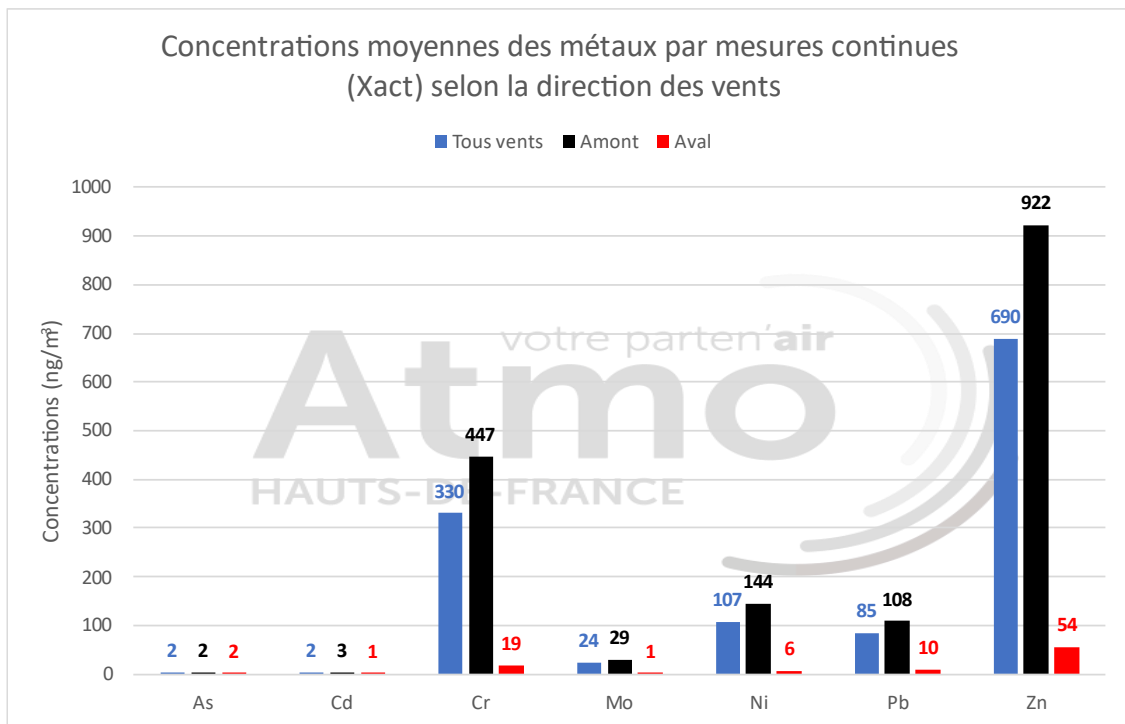


Figure 14 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact) selon la direction des vents

En effectuant un premier tri des concentrations en fonction des directions de vents allant de 150 à 300 degrés, il apparaît que les **concentrations moyennes des métaux en « amont »** de la station de mesures BE9 (dit « sous les vents de la plateforme industrielle ») sont **très supérieures aux concentrations moyennes des métaux issues de vents en « aval »** de BE9 (dit « au vent de la plateforme ») allant de 0 à 150 degrés et 300 à 360 degrés (les concentrations médianes selon la direction des vents se trouvent sur Annexe 2).

En effectuant un second tri des concentrations en fonction des vitesses de vents VV (Figure 15, Vent Faible : Inférieur à 1 m/s multidirectionnel ; Vent Modéré : entre 1 et 4 m/s (150-300° plateforme industrielle en amont) ; Vent Fort : Supérieur à 4 m/s (150-300° plateforme industrielle en amont)), il apparaît que les concentrations moyennes des métaux sont relativement proches, en s'affranchissant des vents calmes inférieurs à 1 m/s, des concentrations moyennes des métaux issues de vents en « amont » de BE9 allant de 0 à 150 degrés et 300 à 360 degrés.

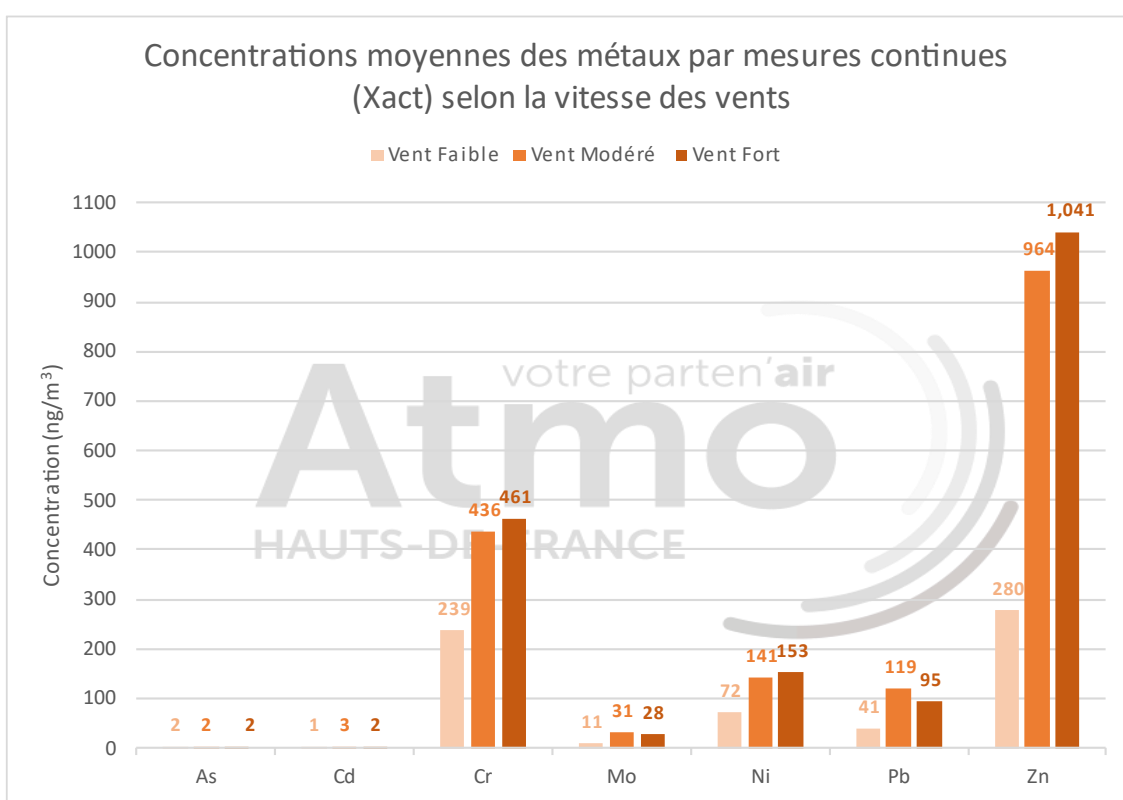


Figure 15 : Concentrations moyennes des métaux par mesures continues (Xact) selon la vitesse des vents

Ces tris mettent en évidence que les **concentrations moyennes de métaux** mesurées à la station de mesures BE9 parviennent de vents modérés à forts depuis la plateforme industrielle d'Isbergues, **sous un angle 150 à 300 degrés**. De plus, l'évaluation d'influence des vitesses de vents sur les concentrations a montré qu'il n'y a **pas de raisons d'exclure les vents faibles**.

En regroupant les concentrations par semaine et en associant les roses de vents par semaine, par exemple sur le Nickel (Ni), il est bien observé que les concentrations sont plus élevées par vents faibles à forts en « amont » de la plateforme industrielle d'Isbergues, c'est-à-dire de 150 à 300 degrés pour les semaines 2 et 4 à 8. Les mesures des semaines 1 et 3 ont été enregistrées avec des vents relativement faibles de secteur nord-est et sud-est, respectivement.

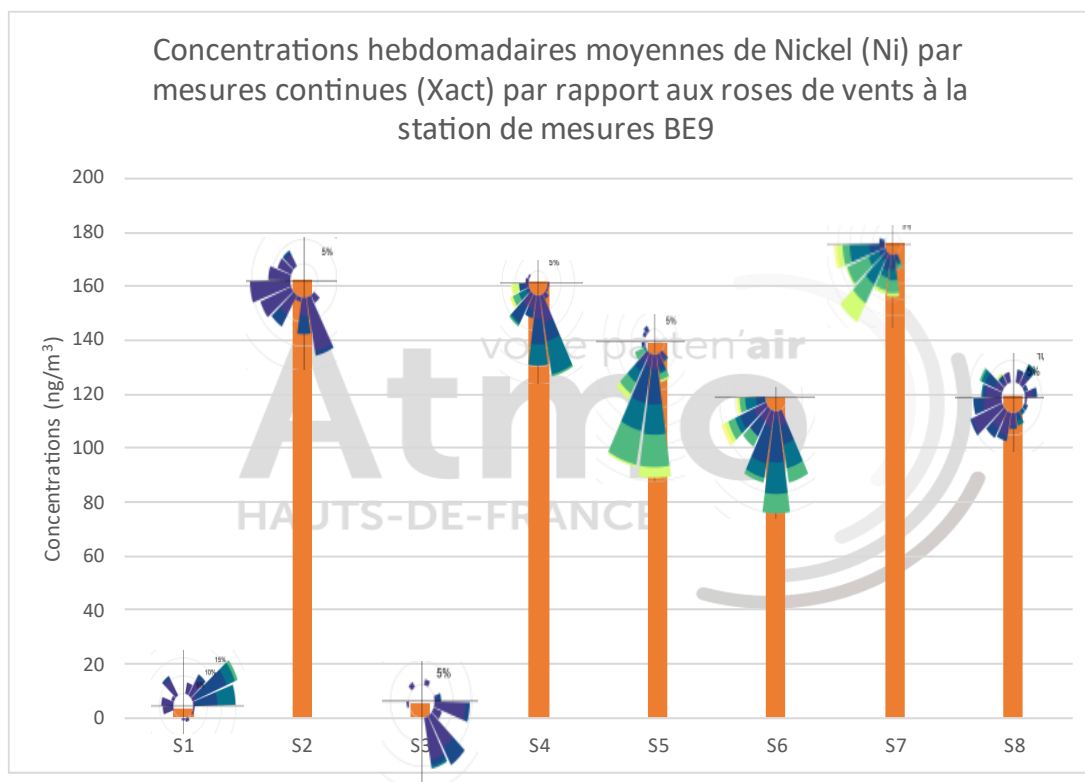


Figure 16 : Concentrations hebdomadaires moyennes de Nickel (Ni) par mesures continues (Xact) par rapport aux roses de vents à la station de mesures BE9

S'affranchir des concentrations de métaux sous influence de vents calmes et multidirectionnels n'aura pas un réel impact pour la suite des résultats et permettra de cibler avec une meilleure certitude les indicateurs d'activité pouvant expliquer les fortes concentrations observées.

☐ Corrélations entre métaux

Tableau 11 : Matrice de corrélation des concentrations de métaux (mesures continues)

Y \ X	Cr	Ni	Zn	Mo	Cd	Hg	Pb	As
Cr	1.00							
Ni	0.95	1.00						
Zn	0.50	0.52	1.00					
Mo	0.53	0.55	0.39	1.00				
Cd	0.07	0.09	0.49	0.19	1.00			
Hg	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	1.00		
Pb	0.26	0.30	0.53	0.19	0.34	0.00	1.00	
As	0.16	0.18	0.14	0.16	0.03	0.00	0.12	1.00

La matrice de corrélation des concentrations de métaux (Tableau 11) renseigne sur le degré de relation linéaire entre chaque paire de métaux. Le Chrome (Cr) et le Nickel (Ni) sont les métaux avec la meilleure corrélation à 95%, le Molybdène a une corrélation de 53% et 55%, respectivement avec ces 2 précédents métaux. Le Zinc (Zn) a une corrélation relativement correcte avec le Chrome (Cr), le Nickel (Ni) et le Plomb (Pb) de 50 à 53%.

☐ Ratios des concentrations moyennes de métaux

Tableau 12 : Matrice de ratios des concentrations moyennes de métaux (mesures continues)

Y \ X	As	Cd	Cr	Mo	Ni	Pb	Zn
As	1.00						
Cd	1.17	1.00					
Cr	199.02	170.27	1.00				
Mo	12.99	11.11	0.07	1.00			
Ni	64.12	54.86	0.32	4.94	1.00		
Pb	48.25	41.28	0.24	3.71	0.75	1.00	
Zn	410.99	351.64	2.07	31.65	6.41	8.52	1.00

La matrice de ratios des concentrations moyennes de métaux se trouve sur le Tableau 12 et les séries temporelles sur Annexe 2.

4.2.2. Mesures différées

☐ Résultats des filtres

En ce qui concerne les mesures différées, les résultats se trouvent sur le tableau suivant :

Tableau 13 : Concentrations obtenues par la technique de mesures différées

Semaine	Date et heure de prélèvement (TU)		Concentrations (ng/m ³)					
	Début	Fin	As	Cd	Mo	Ni	Pb	Zn
S1	Invalidation du filtre							
S2	Semaine incomplète							
S3	11/12/2022 23h00	18/12/2022 23h00	0.7	0.7	1.5	3.9	14.9	73.3
S4	18/12/2022 23h00	25/12/2022 23h00	0.4	5.0	25.5	136.6	94.7	1038.2
S5	25/12/2022 23h00	01/01/2023 23h00	0.3	6.8	16.5	99.9	104.5	957.2
S6	01/01/2023 23h00	08/01/2023 23h00	0.3	2.3	28.9	92.4	59.5	294.0
S7	08/01/2023 23h00	15/01/2023 23h00	0.3	4.8	17.8	119.7	84.9	741.5
S8	15/01/2023 23h00	22/01/2023 23h00	0.8	3.1	16.0	101.5	99.9	396.0

D'après le tableau ci-dessus, les concentrations d'Arsenic (As) ont été inférieures à 1 ng/m³ et celles du Cadmium (Cd) ont été comprises entre 1 à 7 ng/m³ en moyenne hebdomadaire, proches du niveau de fond régional et en accord avec les mesures continues. Les mesures sur filtres montrent également des concentrations relativement élevées en Molybdène (Mo), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn).

Comparativement à la réglementation sur l'air ambiant (voir Annexe 6), les concentrations ici mesurées se trouvent inférieures aux seuils réglementaires annuels de l'Arsenic (As), du Cadmium (Cd) et du Plomb (Pb).

La moyenne des concentrations de Nickel (Ni) a été supérieure à la valeur cible annuelle du Nickel (Ni) fixée à 20 ng/m³.

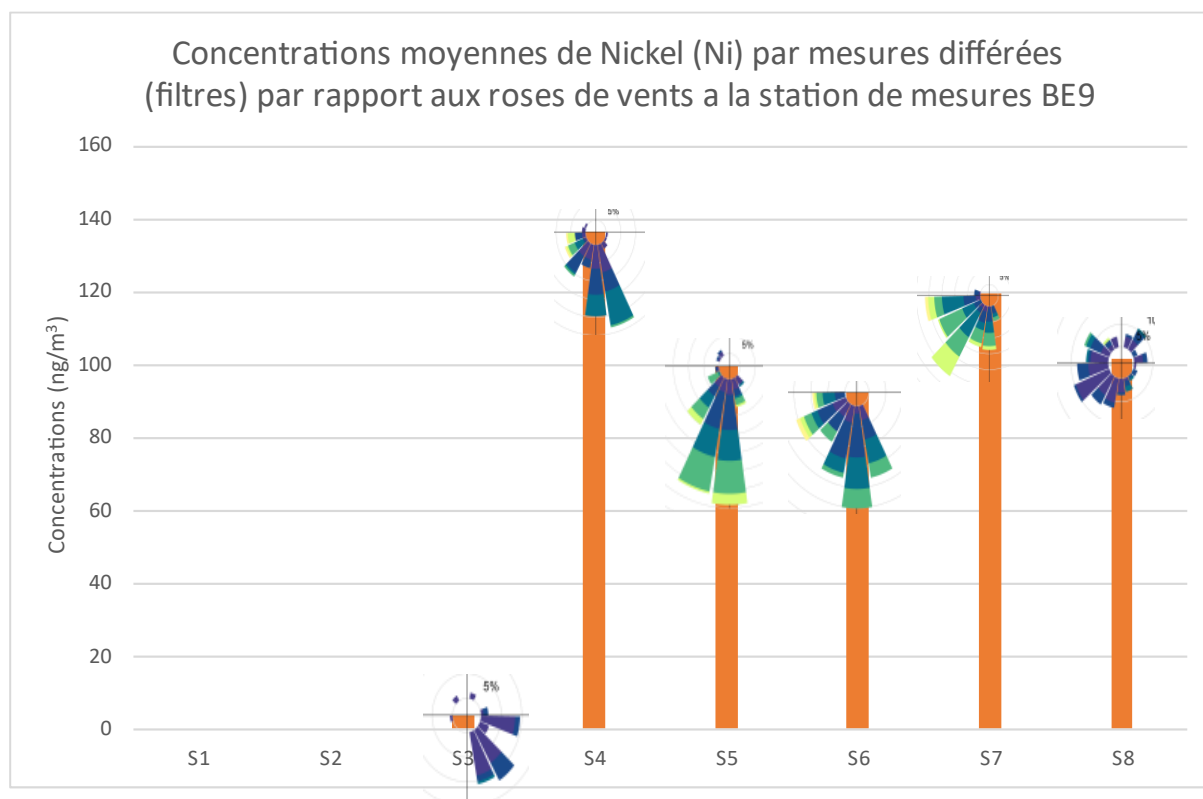


Figure 17 : Concentrations hebdomadaires moyennes de Nickel (Ni) par mesures différées (filtres) par rapport aux roses de vents à la station de mesures BE9.

Comme pour les mesures continues, en associant les roses de vents par semaine, sur l'exemple du Nickel (Ni), il est également bien constaté que les concentrations ont été plus élevées par vents faibles à forts en « amont » de la plateforme industrielle d'Isbergues, c'est-à-dire de 150 à 300 degrés pour les semaines 4 à 8. Les mesures de la semaine 3 ont été enregistrées avec des vents relativement faibles de secteur nord-est et sud-est et donc la plateforme RECYCO est en aval du point de prélèvement.

4.2.3. Comparaison

La comparaison des concentrations obtenues par mesures continues (Xact) et différées (filtres) montrent une différence de l'ordre de 15% à 40% selon le métal. **A l'exception du Cadmium (Cd), la mesure des concentrations par l'Xact en continu est systématiquement supérieure aux concentrations mesurées par filtre en mesures différées.**

Les coefficients de détermination (ou R²) pour l'ensemble des métaux sont relativement élevés, et montrent donc une bonne corrélation entre les 2 techniques de mesures, avec notamment un R² supérieur à 94% pour tous les métaux, à l'exception de l'Arsenic (As) sans fortes variations temporelles, les concentrations de ce métal sont proches du niveau du fond régional.

Concernant le Nickel (Ni), les méthodes de mesures montrent une différence de concentrations d'environ 28%. Cette différence est acceptable compte tenu des incertitudes hebdomadaires liées à la méthode de référence (prélèvements sur filtres) situées entre 10% et 20% selon la semaine du prélèvement (moyenne des incertitudes hebdomadaires de 16%).

La surestimation de l'Xact est d'environ 39% et 31% pour les concentrations de Molybdène (Mo) et le Zinc (Zn) par rapport à la méthode de mesures différées.

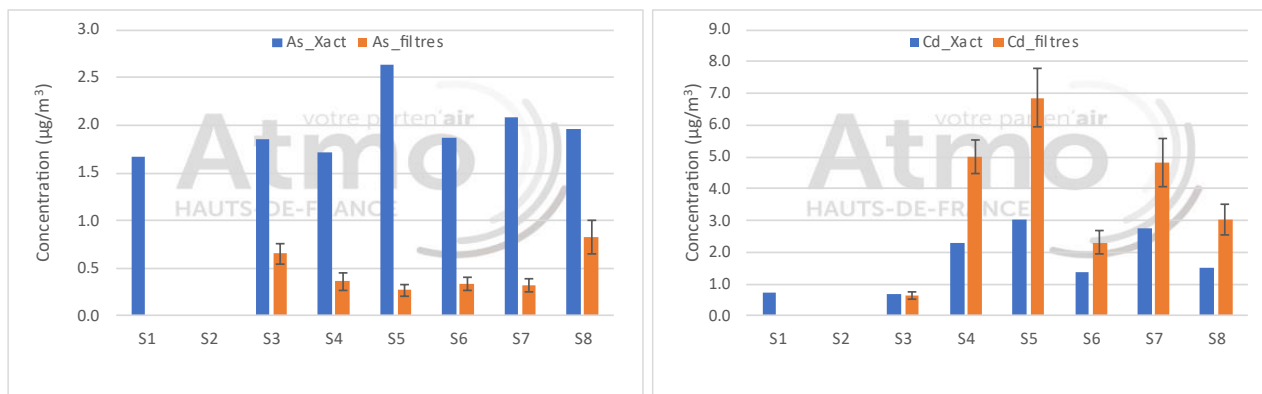
En ce qui concerne les concentrations de Plomb (Pb), la différence est d'environ 15%, cet intervalle est acceptable, car les incertitudes hebdomadaires de la méthode de référence sont également de 15%.

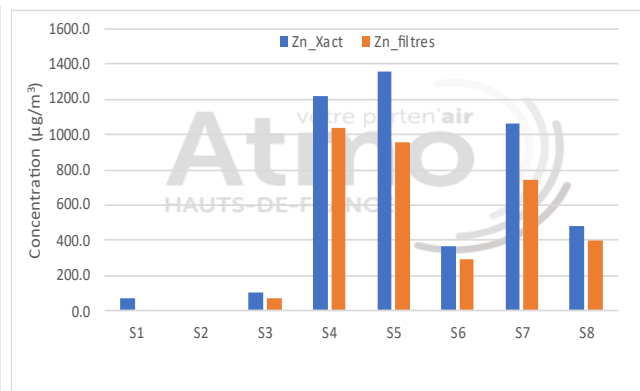
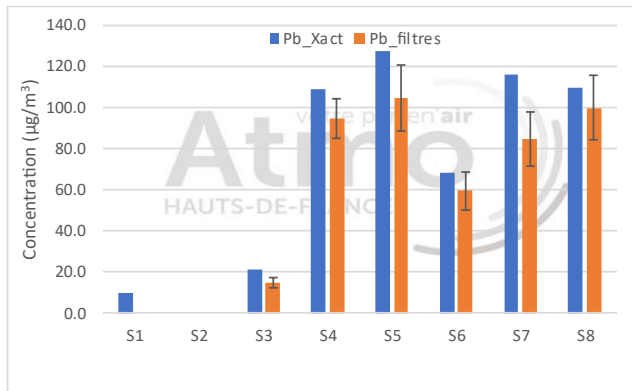
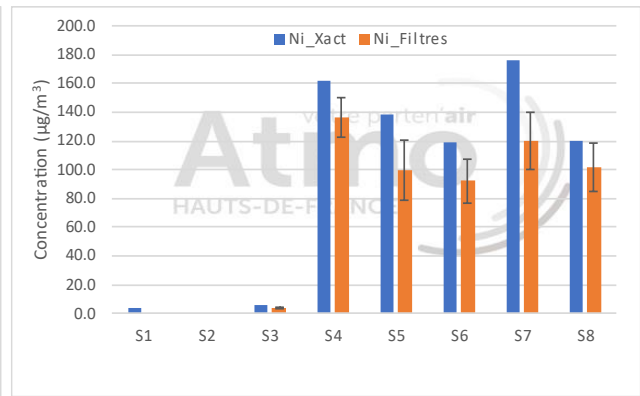
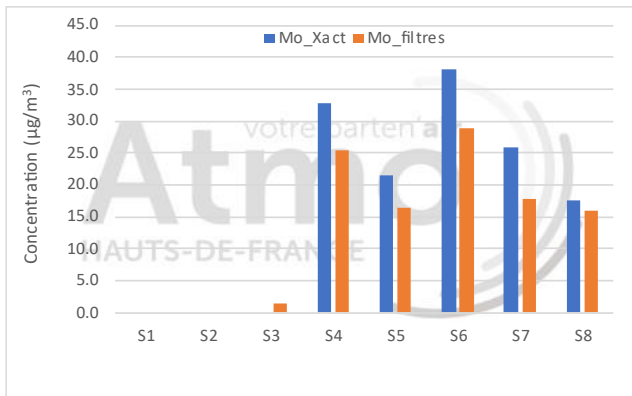
Le Cadmium (Cd) est l'unique métal pour lequel l'Xact sous-estime les concentrations par rapport aux filtres, d'environ 40%. Cette sous-estimation peut être expliquée du fait des faibles niveaux de concentrations et par la moindre sensibilité de l'analyseur Xact pour ce métal (limite de détection de 2.5 ng/m³ pour 1 heure). C'est également le cas pour l'Arsenic (As), les concentrations mesurées sont très faibles et varient peu (proches du niveau du fond régional), ce qui conduit à une forte différence du coefficient de détermination.

En résumé, les différences entre les deux méthodes des mesures sont acceptables et dans les incertitudes. L'Arsenic (As) et le Cadmium (Cd) n'étant pas exploitables car peu élevées et peu variables au cours de l'étude, la suite des résultats portera sur l'analyse des métaux Chrome (Cr), Molybdène (Mo), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn) seulement.

Le Tableau 14 ci-dessous présente ces différences. Les graphiques de linéarité entre mesures continues et mesures différées se trouvent sur Annexe 2.

Tableau 14 : Comparaison entre concentrations obtenues par les mesures continues (Xact) et différées (filtres)





4.3. Analyses statistiques des indicateurs (concentrations et activités du site)

Comme vu précédemment, seules les concentrations de métaux en amont de la plateforme industrielle d'Isbergues dont fait partie le site RECYCO sont pertinentes à analyser par rapport aux indicateurs. Pour les métaux **Chrome (Cr), Molybdène (Mo), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn)**, les comportements des indicateurs d'activité ont été analysés via le **cercle de corrélation** de l'ACP.

Le travail par groupement d'indicateurs a été divisé en 2 phases :

1. Dans un premier temps, **tester la corrélation des concentrations d'un métal avec les sous-groupes d'indicateurs** (ou les indicateurs directement) des 2 groupes définis précédemment dans Traitements statistiques :
 - a. Groupe 1 par type d'activité ;
 - b. Groupe 2 par zone d'activité.
2. Dans un second temps, **mettre en commun les indicateurs corrélés** (bonne réponse avec les concentrations du métal) **des groupes 1 et 2** et projeter cette sélection d'indicateurs dans une nouvelle ACP pour une **analyse statistique affinée**.

L'étape 1 est détaillée pour le Nickel (Ni) ci-dessous. L'analyse statistique affinée (étape 2) est présentée pour tous les métaux (l'étape 1 est disponible pour chaque métal en Annexe 7).

L'indicateur de concentration du métal est suivi du suffixe « _amont » (par exemple « Ni_amont »). Les indicateurs et leurs abréviations sont résumés dans les listes (voir Indicateurs étudiés) et groupes (voir Traitements statistique).

4.3.1. Analyses statistiques par groupe d'indicateurs

☐ Nickel (Ni) par type d'activité (Groupe 1)

L'ACP ci-dessous projette l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux sous-groupes d'indicateurs issus du groupe 1, groupement d'indicateurs par type d'activité. Les concentrations sont relativement **bien corrélées** avec les sous-groupes 1.9 (**Inertages des silos**) et 1.14 (**Ouverture des portes / Zones d'accès**) ainsi que les sous-groupes 1.6 (**Activités liées aux transferts/transports**), 1.10 (**Heures de fonctionnement des chargeuses**), 1.12 (**Activités liées aux criblages et concassages**) et 1.13 (**Divers/Incidents**).

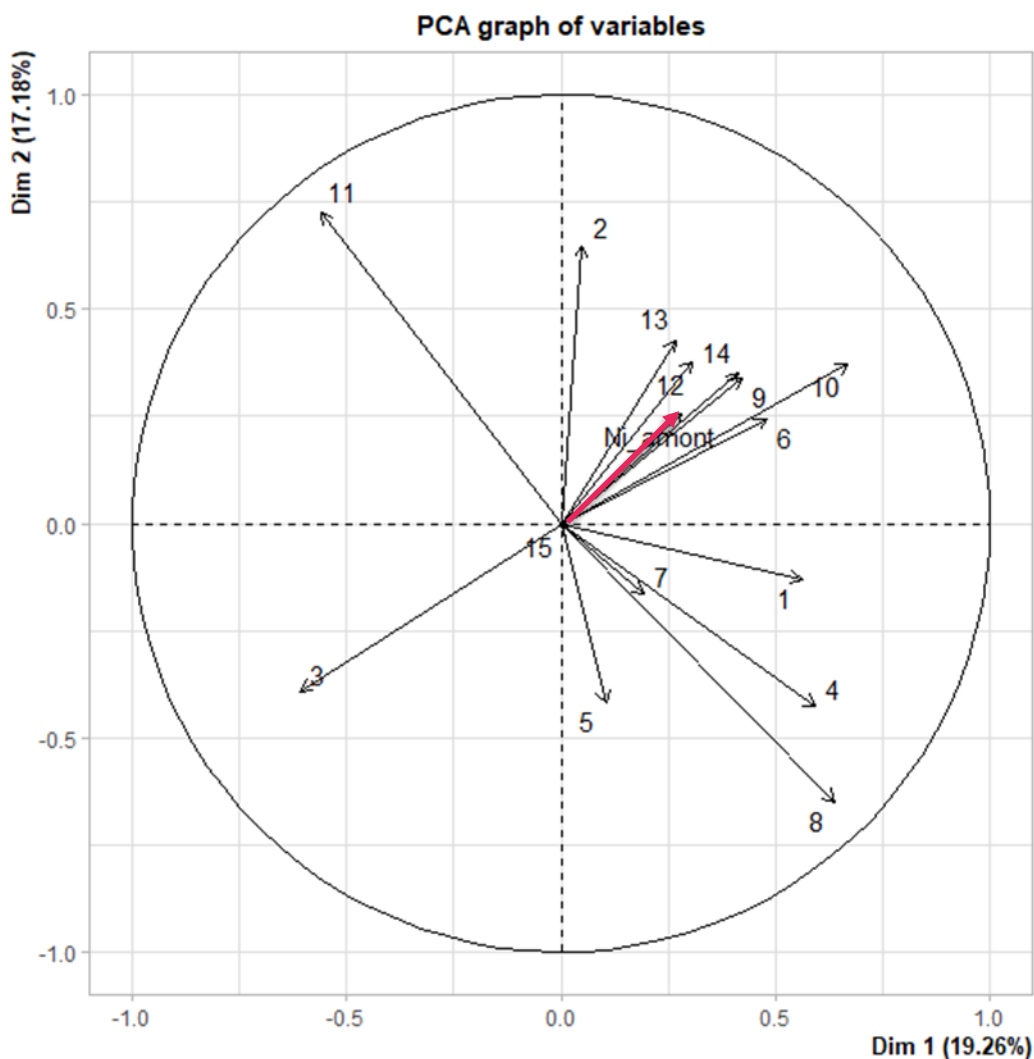


Figure 18 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du groupe 1

☐ Nickel (Ni) par zone d'activité (Groupe 2)

✦ Sous-groupe 2.1 : Zone halles de stockage/bouletage

L'ACP ci-dessous montre l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.1, groupement d'indicateurs pour la zone halles de stockage/bouletage. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs INERSA3 (**Inertage silo SA3**), BLTG304/BLTG316 (**Bouletage des mélanges (2 recettes alternées)**), VOPAFB2 (**Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2**) et VOPAFB3 (**Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3**).

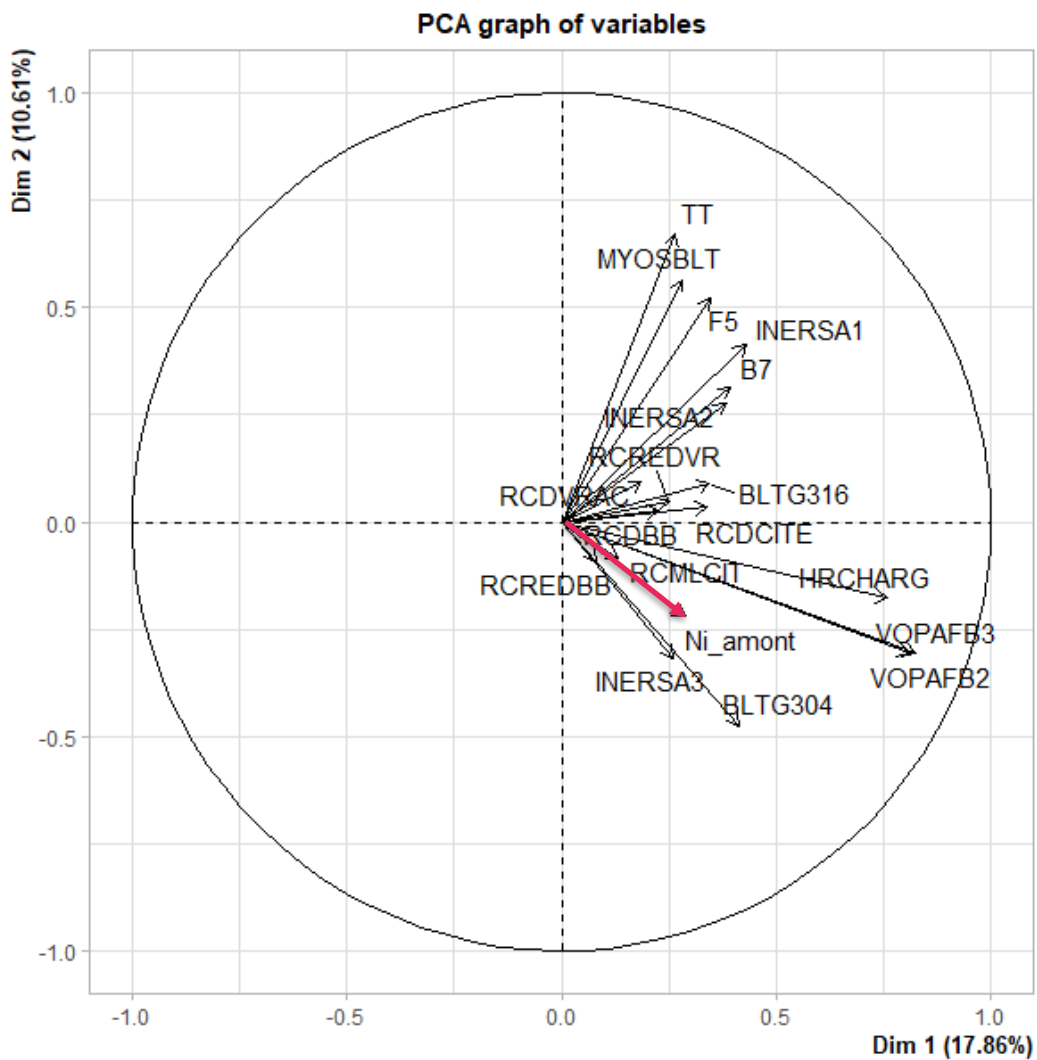


Figure 19 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.1

★ Sous-groupe 2.2 : Zone halles de stockage des boulets

L'ACP ci-dessous montre l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.2, groupement d'indicateurs pour la zone halles de stockage des boulets. **Les concentrations ne montrent pas de corrélations en particulier.**

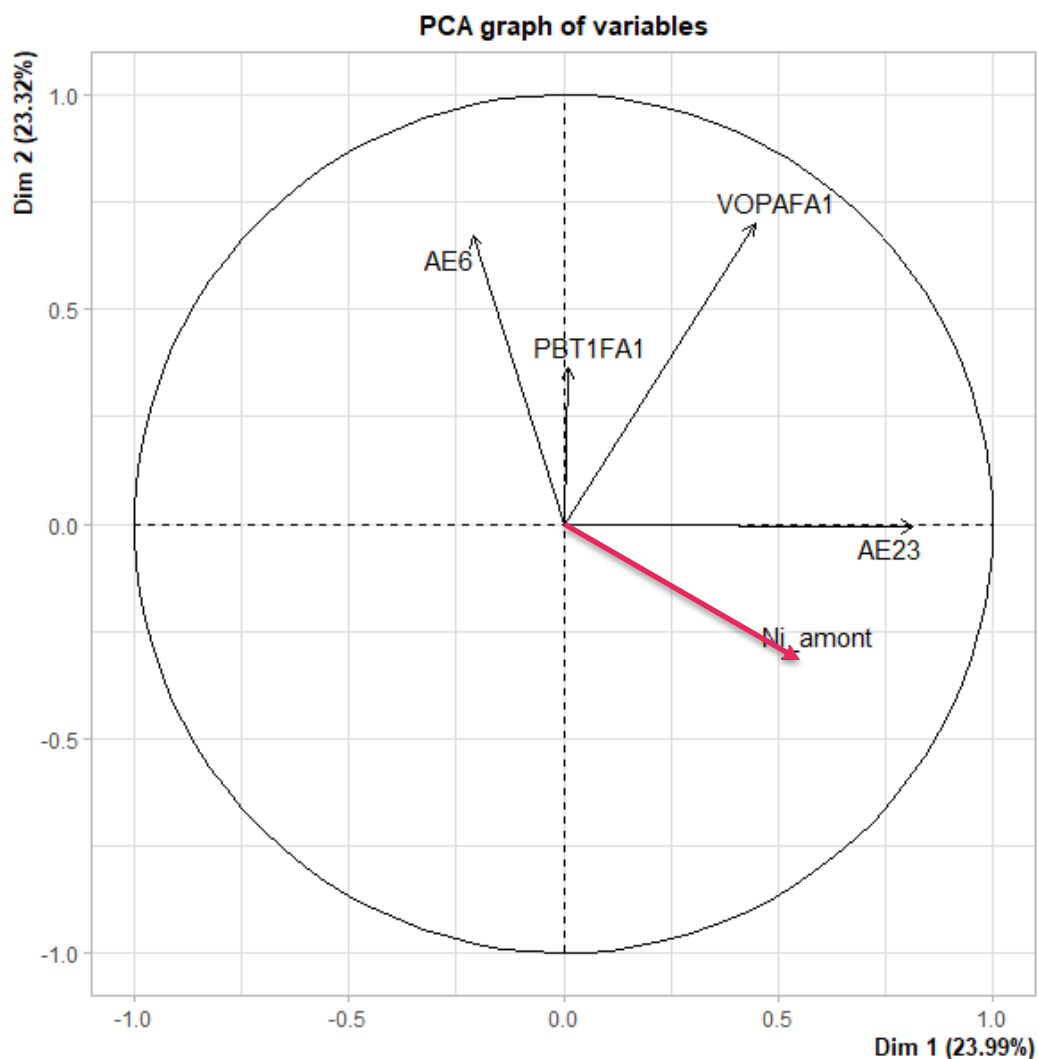


Figure 20 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.2

★ Sous-groupe 2.3 : Zone halle de fusion

L'ACP ci-dessous montre l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.3, groupement d'indicateurs pour la zone halles de stockage des boulets. **Les concentrations ne montrent pas de corrélations en particulier.**

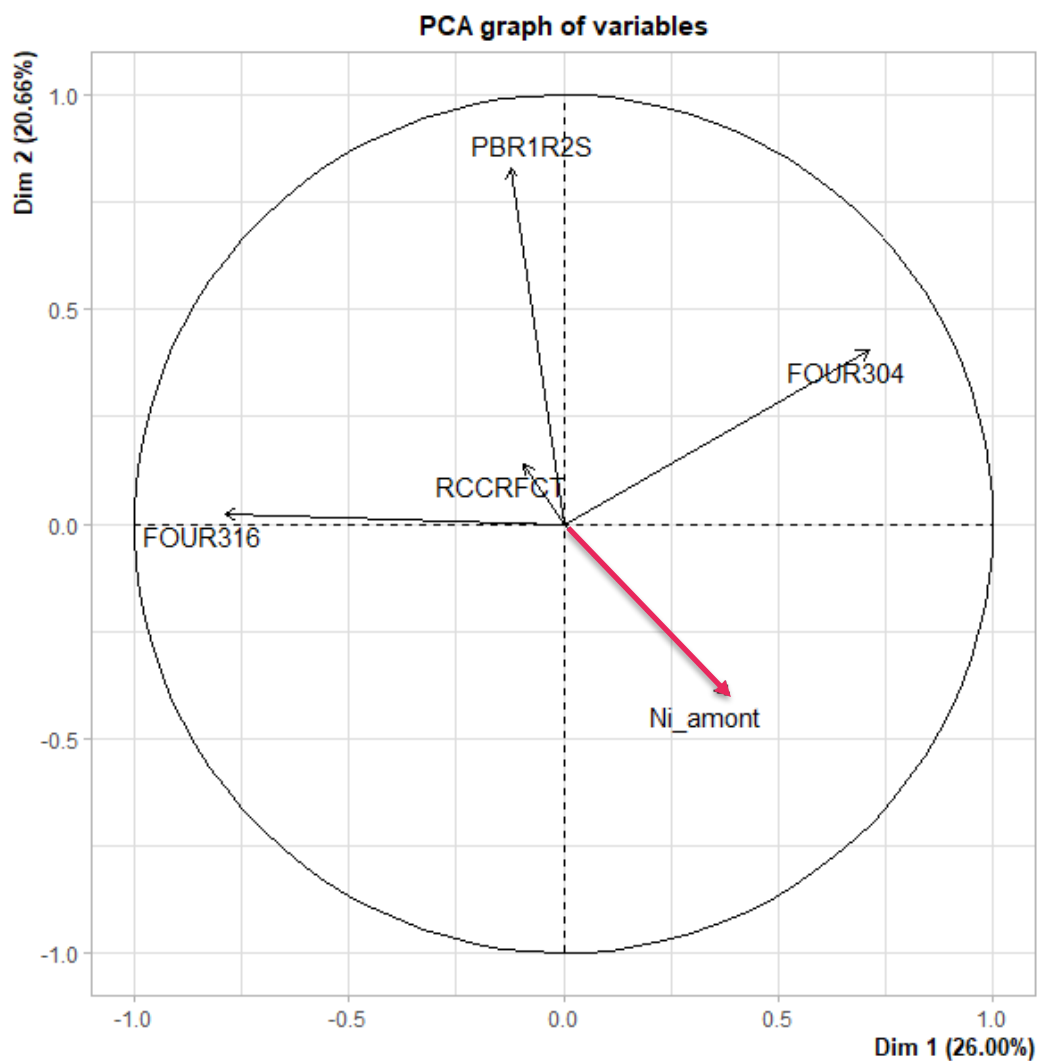


Figure 21 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.3

★ Sous-groupe 2.4 : Zone dépeussière primaire (D4T) et secondaire (DT)

L'ACP ci-dessous montre l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.4, groupement d'indicateurs pour la zone dépeussière primaire (D4T) et secondaire (DT). **Les concentrations ne montrent pas de corrélations en particulier**, en plus d'une faible variance de « Ni_amont ».

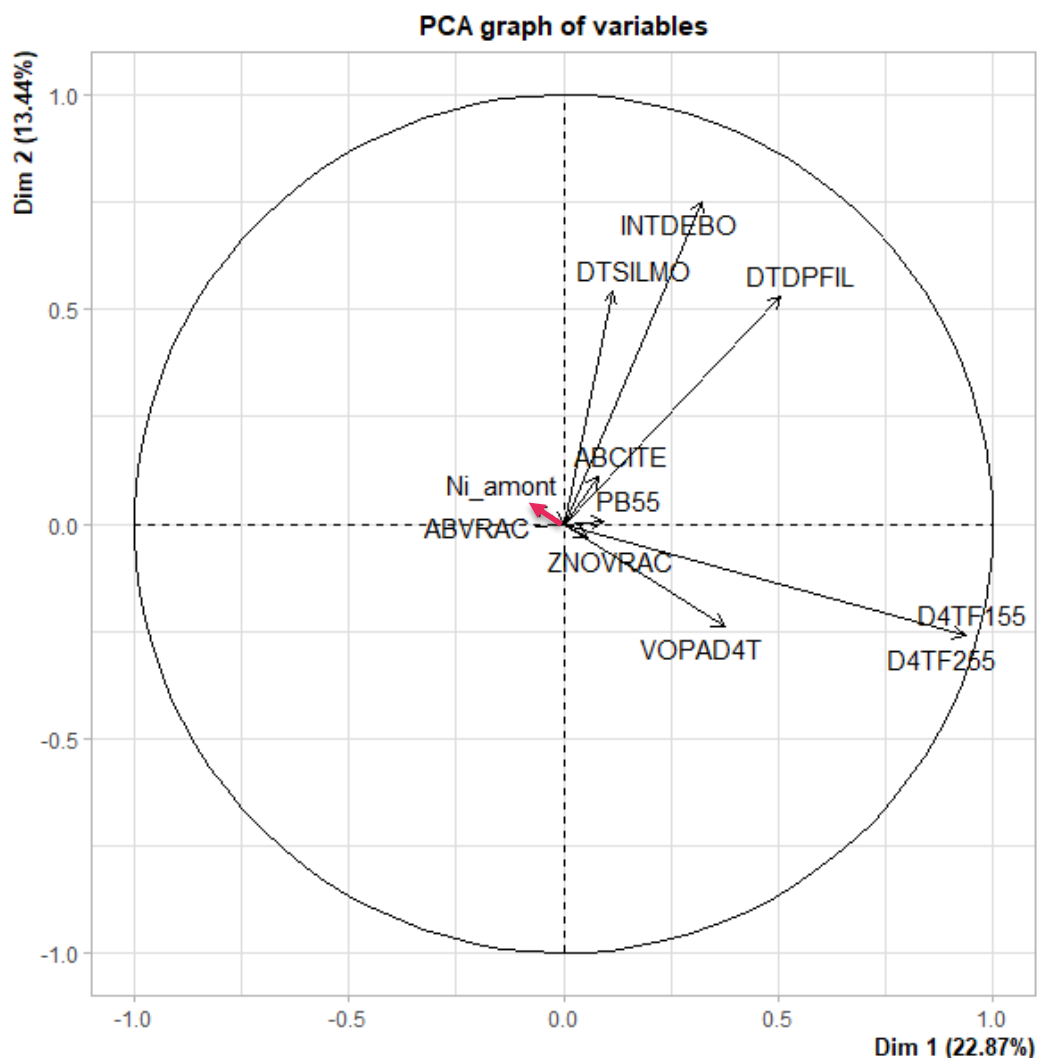


Figure 22 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.4

★ Sous-groupe 2.5 : Autres zones extérieures

L'ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.5, groupement d'indicateurs pour les autres zones extérieures. **Les concentrations ne montrent pas de corrélations en particulier**, en plus d'une faible variance de « Ni_amont ».

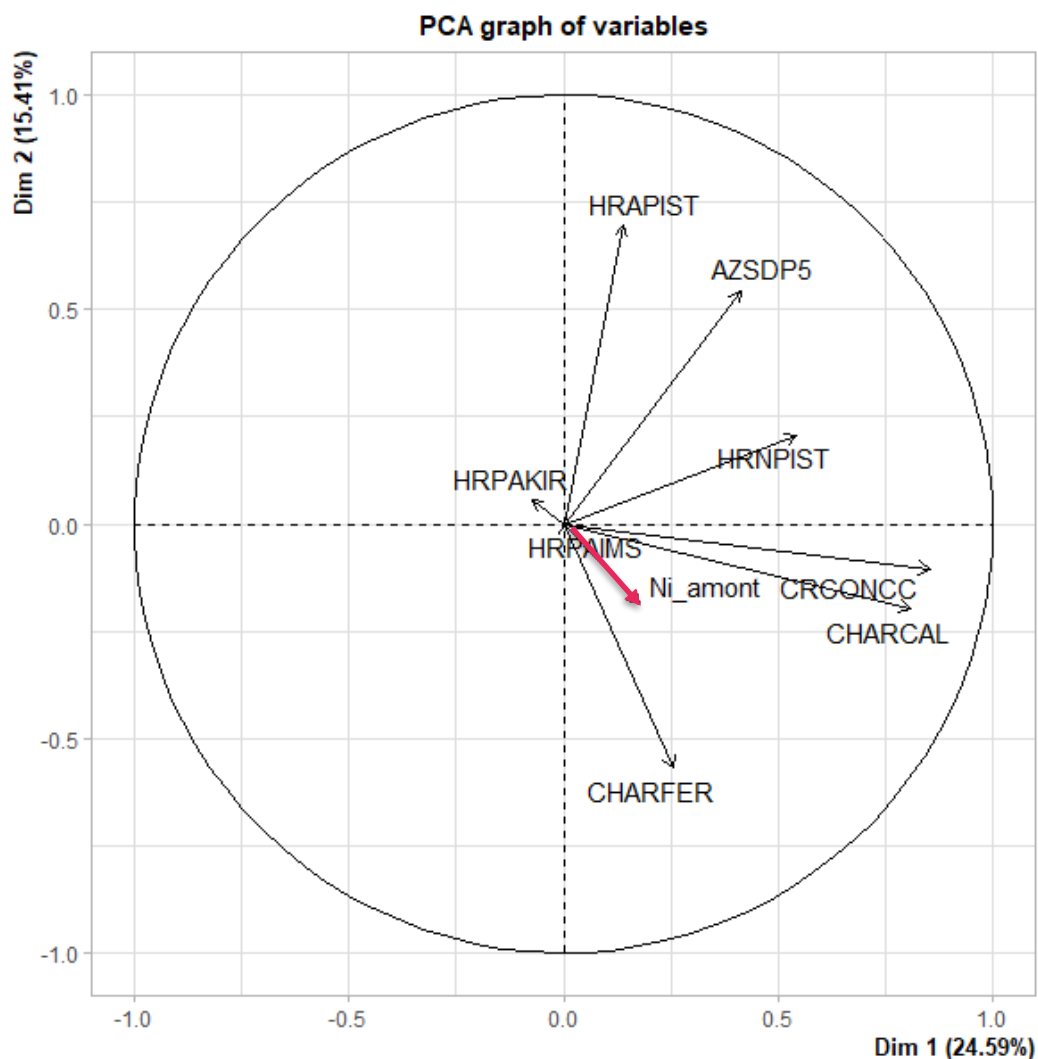


Figure 23 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.5

★ Sous-groupe 2.6 : Autres indicateurs

L'ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus du sous-groupe 2.6, des autres indicateurs. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec l'indicateur INCENVP (**Incident environnement plateforme**).

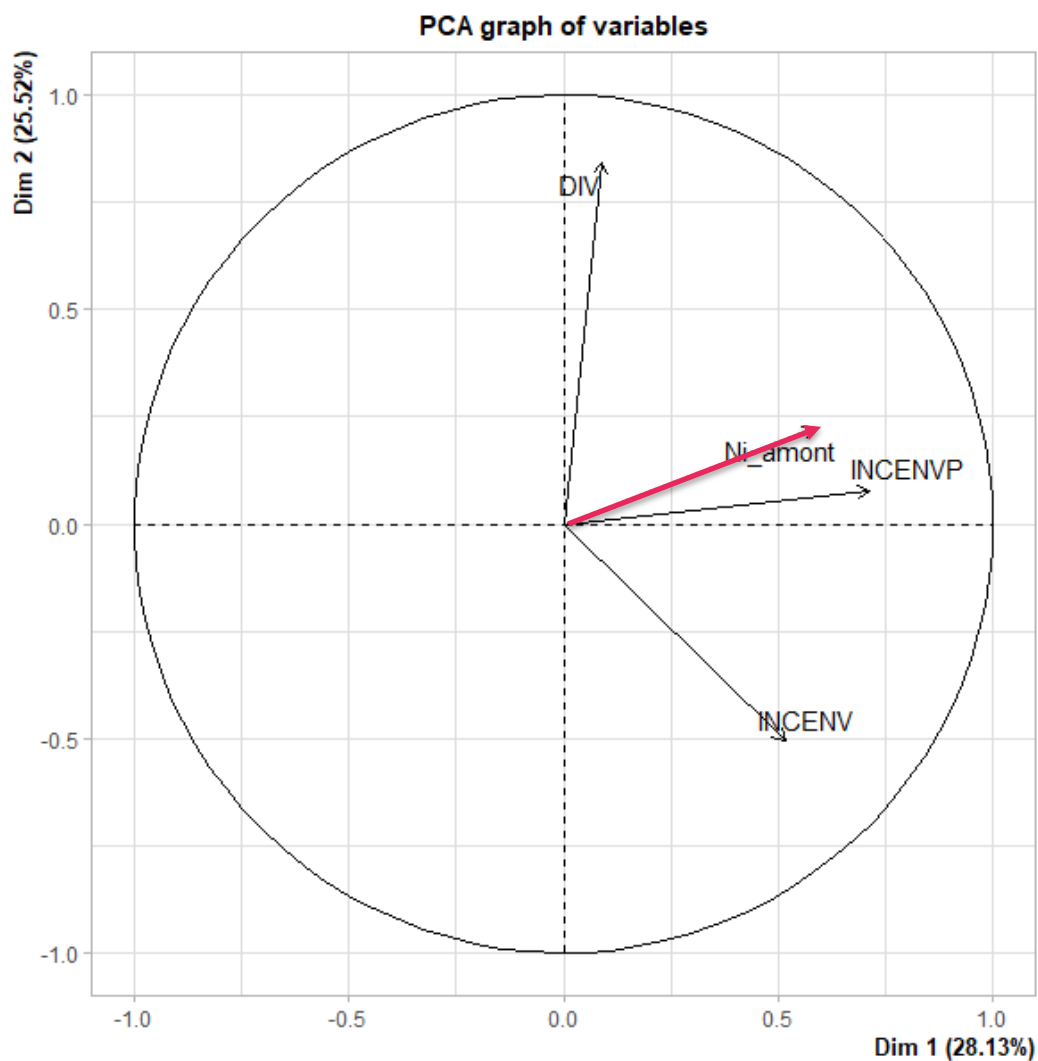


Figure 24 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités du sous-groupe 2.6

☐ Bilan des analyses statistiques par groupement d'indicateurs des métaux

Le bilan des analyses statistiques par groupe d'indicateurs, par métal, est disponible dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Sélection des sous-groupes d'indicateurs d'activité corrélés par métal

	Sous-groupes d'indicateurs corrélés du groupe 1	Sous-groupes d'indicateurs corrélés du groupe 2
Cr	1.6	
	1.9	
	1.10	2.1
	1.12	2.6
	1.13	
	1.14	
Mo	1.2	
	1.6	
	1.9	2.1
	1.10	2.2
	1.12	2.5
	1.13	
Ni	1.6	
	1.9	
	1.10	2.1
	1.12	2.6
	1.13	
	1.14	
Pb	1.1	2.1
	1.6	2.5
	1.10	2.6
Zn	1.1	2.1
	1.4	2.2
	1.7	2.4
	1.8	2.6

4.3.2. Analyse statistique affinée sur les indicateurs prépondérants des groupes 1 et 2

☐ Chrome (Cr)

L'analyse affinée ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Cr_amont » par rapport aux indicateurs issus des groupes 1 et 2. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs INERSA3 (**Inertage silo SA3**), VOPAFB2 (**Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2**) et VOPAFB3 (**Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3**), BLTG304/BLTG316 (**Bouletage des mélanges (2 recettes)**), et HRCHARG (**Heures de fonctionnement des chargeuses**).

Ce métal montre une corrélation par rapport au Nickel (Ni) de plus de 95%, ainsi les résultats d'analyse de ces 2 ACP sont fortement similaires.

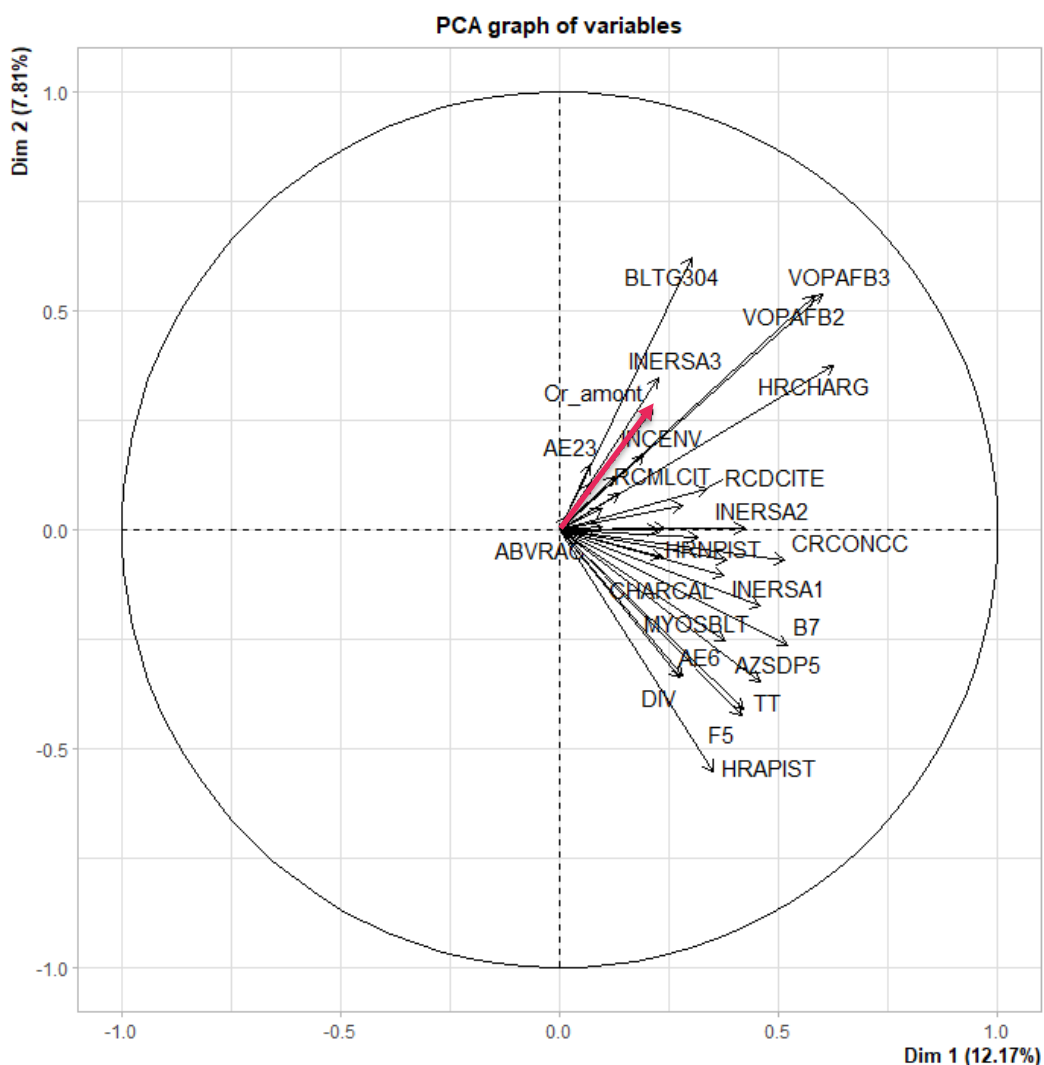


Figure 25 : ACP des indicateurs de concentrations de Chrome (Cr) et des activités des groupes 1 et 2

Molybdène (Mo)

L'analyse affinée ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Mo_amont » par rapport aux indicateurs issus des groupes 1 et 2. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs VOPAFB2 (**Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2**) et VOPAFB3 (**Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3**), AZSDP5 (**Criblage et concassage crassiers (zone SDP5)**), RCMLCIT (**Réception de la mélasse/chaux en citerne**) et à un degré moindre avec BLTG316 (**Bouletage des mélanges (recette « 316 »)**) et AE23 (**Ouverture porte AE23**).

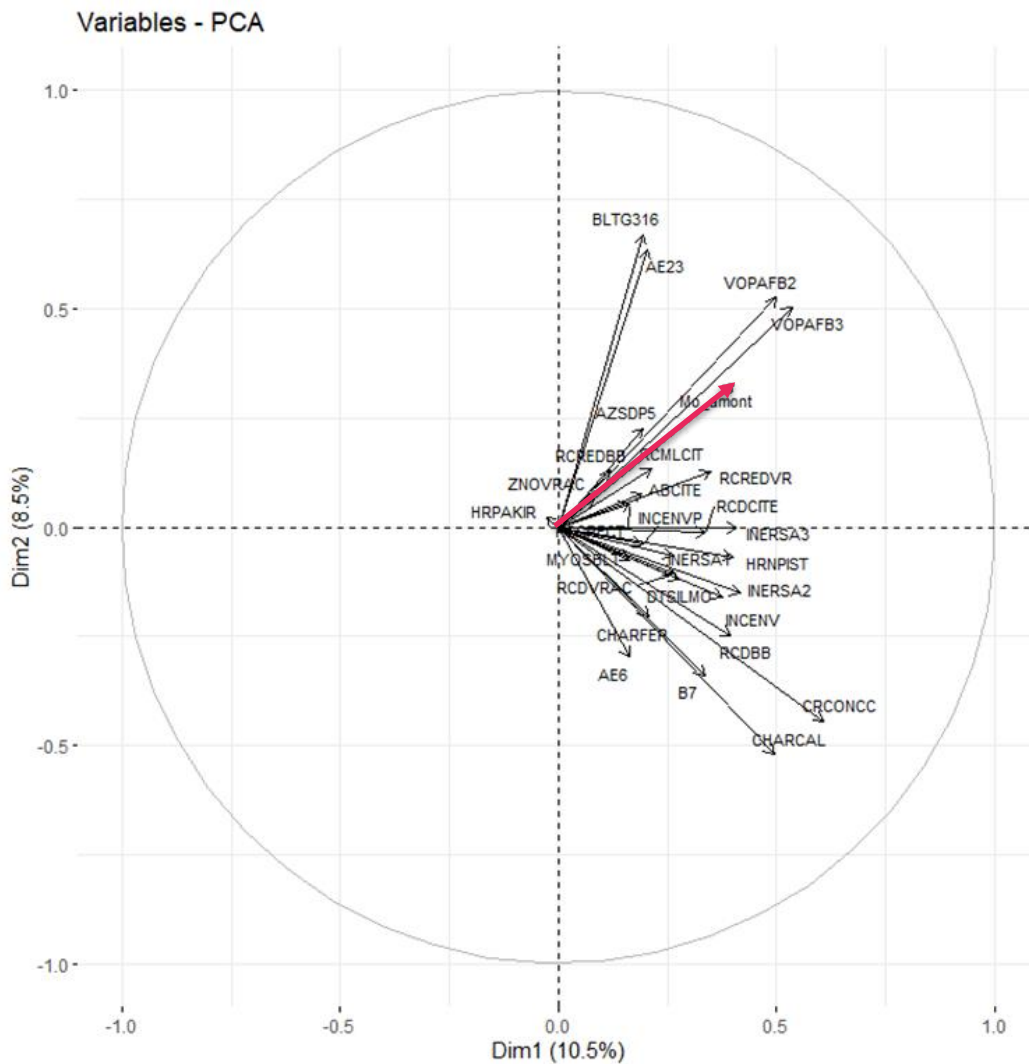


Figure 26 : ACP des indicateurs de concentrations de Molybdène (Mo) et des activités des groupes 1 et 2

Nickel (Ni)

L'analyse affinée ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Ni_amont » par rapport aux indicateurs issus des groupes 1 et 2. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs INERSA3 (**Inertage silo SA3**), VOPAFB2 (**Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2**) et VOPAFB3 (**Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3**), BLTG304/**BLTG316 (Bouletage des mélanges (2 recettes))**, et HRCHARG (**Heures de fonctionnement des chargeuses**).

Ce métal montre une corrélation par rapport au Chrome (Cr) de plus de 95%, ainsi les résultats d'analyse de ces 2 ACP sont fortement similaires.

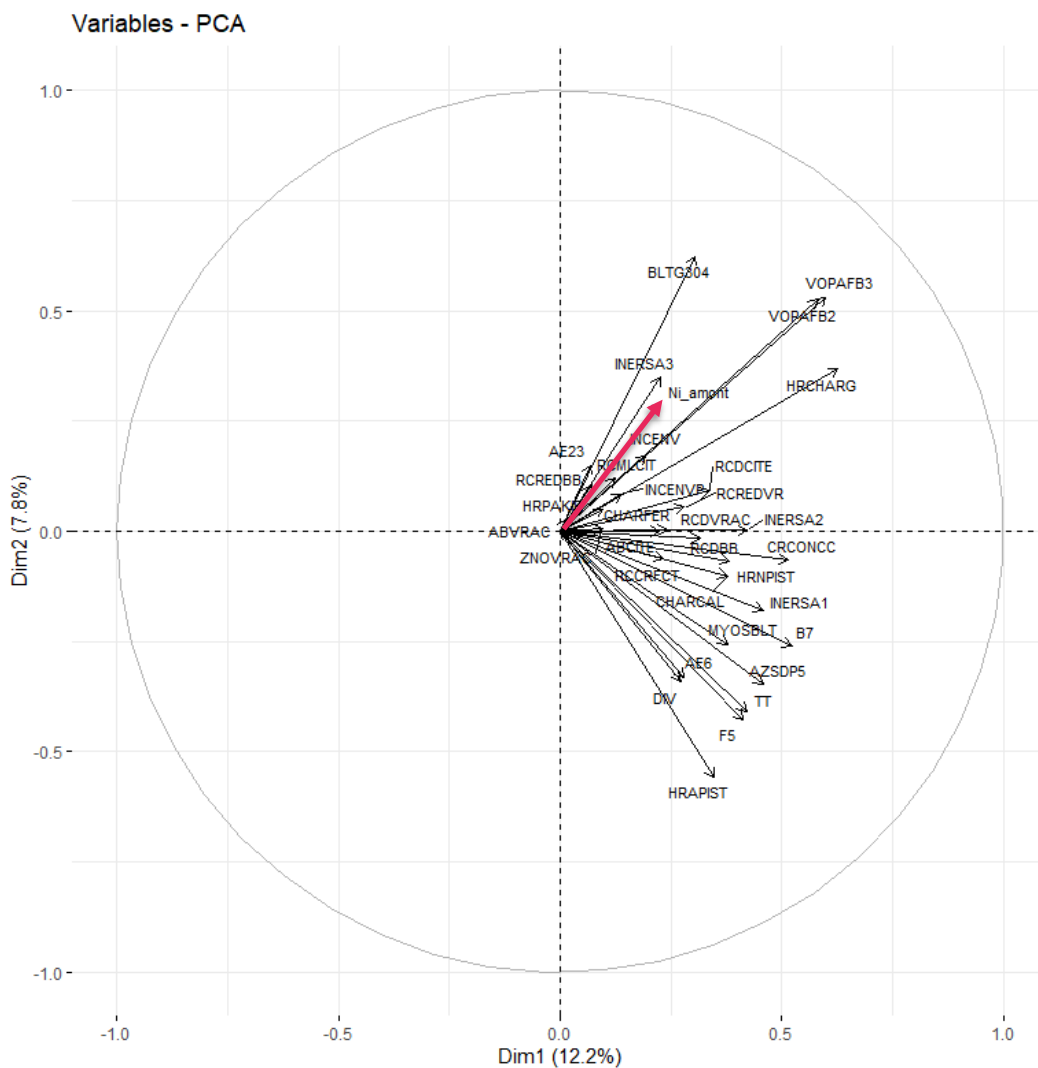


Figure 27 : ACP des indicateurs de concentrations de Nickel (Ni) et des activités des groupes 1 et 2

Plomb (Pb)

L'analyse affinée ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Pb_ament » par rapport aux indicateurs issus des groupes 1 et 2. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs INERSA3 (**Inertage silo SA3**), RDCITE (**Réception des déchets en citerne**), RCDBB (**Réception des déchets en Big-Bag**), RCDVRAC (**Réception des déchets en vrac**).

Ce métal est plutôt lié aux **activités de transferts/transports**.

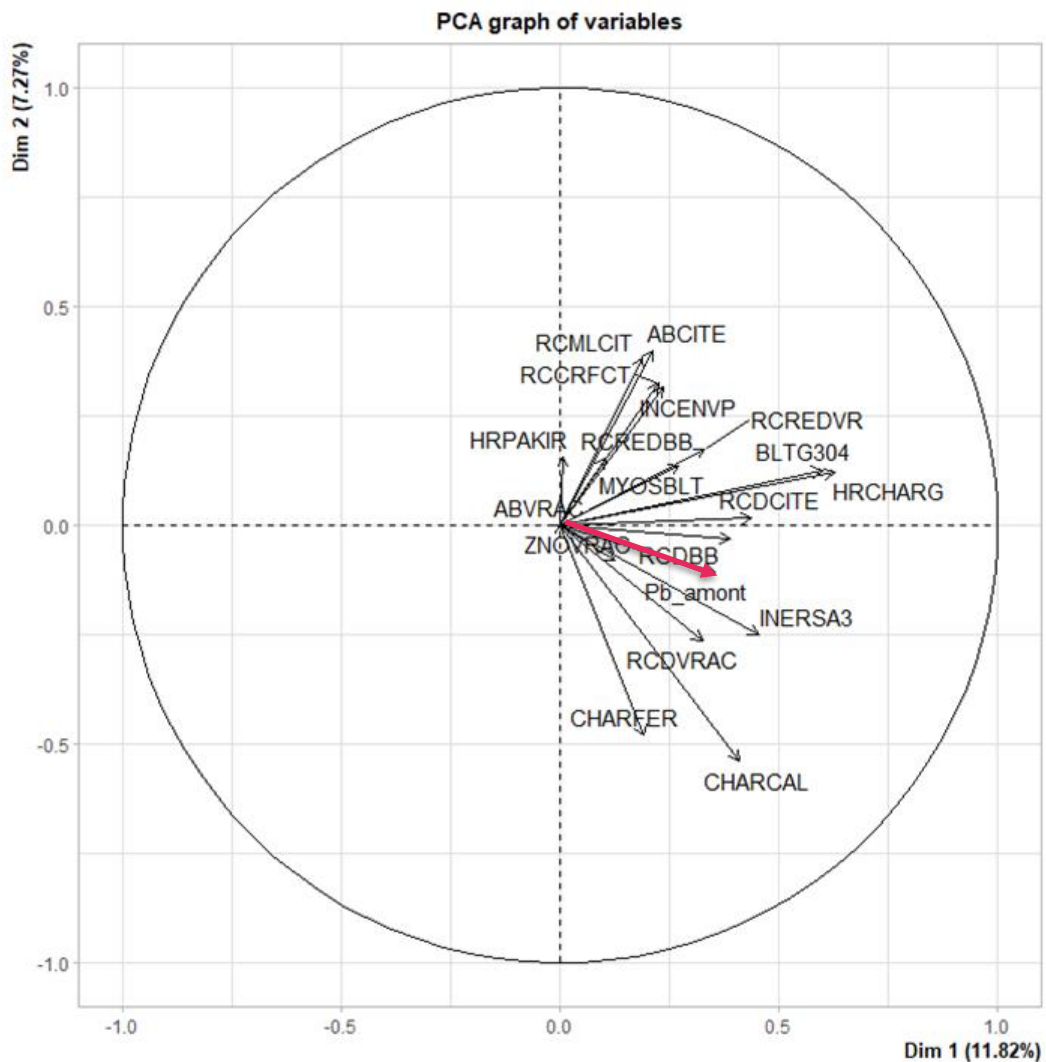


Figure 28 : ACP des indicateurs de concentrations de Plomb (Pb) et des activités des groupes 1 et 2

Zinc (Zn)

L'analyse affinée ACP ci-dessous montre que l'indicateur des concentrations « Zn_amont » par rapport aux indicateurs issus des groupes 1 et 2. Les concentrations sont relativement **corrélées** avec les indicateurs INDEBO (**D4T : Intervention déboussages**), PBT1FA1 (**Purges des bacs T1/FA1/Toiture**), BLTG304 (**Bouletage des mélanges (recette « 304 »)**), FOUR304 (**Fusion des boulets au four (recette « 304 »)**) et DTDPFIL (**DT : Delta P filtres**).

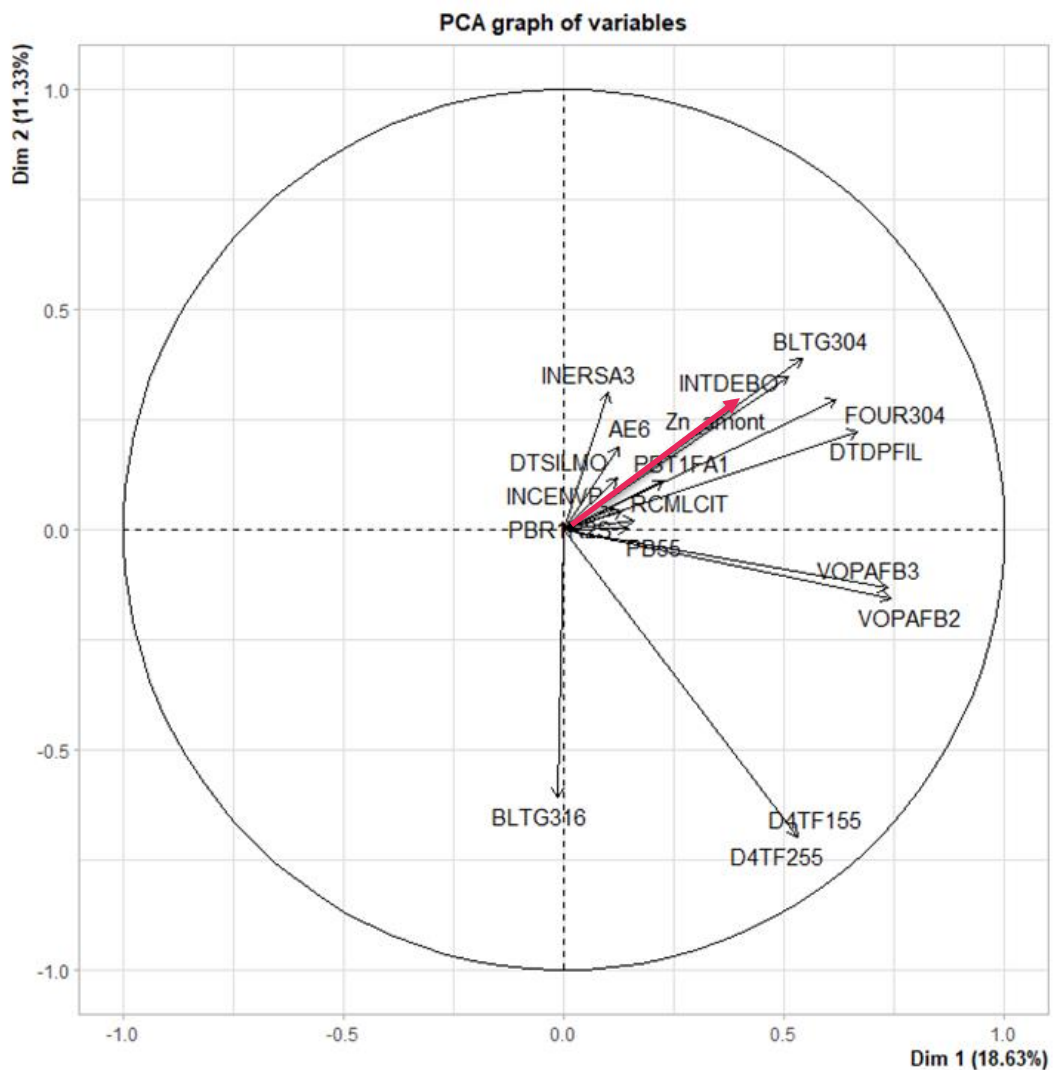


Figure 29 : ACP des indicateurs de concentrations de Zinc (Zn) et des activités des groupes 1 et 2

5. Conclusions

L'analyse statistique affinée (par Analyse en Composantes Principales ou ACP) sur les indicateurs a montré que les **concentrations du Nickel (Ni)** ont été relativement corrélées avec les activités **Inertage silo SA3**, **Opacimètre des fumées du rejet n°5 FB2** et **Opacimètre des fumées du rejet n°6 FB3**, **Bouletage des mélanges (2 recettes)**, et **Heures de fonctionnement des chargeuses**. Ce métal a montré une bonne corrélation par rapport au **Chrome (Cr)** de plus de 95%, ainsi les **mêmes indicateurs d'activité** pour ce métal ont été identifiés.

En ce qui concerne le **Plomb (Pb)**, cette analyse a indiqué que les concentrations sont relativement corrélées avec les activités **Inertage silo SA3**, **Réception des déchets en citerne**, **Réception des déchets en Big-Bag**, **Réception des déchets en vrac**. Ce métal est plutôt **lié aux activités de transferts/transports**.

Enfin, concernant le Zinc (Zn) l'analyse statistique par ACP a souligné une corrélation avec les activités et indicateurs **D4T : Intervention déboussages**, **Purges des bacs T1/FA1/Toiture**, **Bouletage des mélanges (recette « 304 »)**, **Fusion des boulets au four (recette « 304 »)** et **DT : Delta P filtres**.

Annexes

Annexe 1 : Glossaire

µg/m³ : Microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001$ milligramme de polluant par mètre cube d'air.

µm : Micromètre. $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 0,001$ millimètre.

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air.

ACP : Analyse en Composantes Principales (PCA en anglais)

ADDAIR : Bureau d'études (prestataire).

Ademe : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

Anthropique : Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme.

As : Arsenic.

B[a]P : Benzo(a)pyrène

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

Cd : Cadmium.

Cr : Chrome.

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

COFRAC : Comité Français d'Accréditation.

Concentration : la concentration d'un polluant représente la quantité du composé présent dans l'air et s'exprime en masse par mètre cube d'air. Les concentrations des polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

Conditions de dispersion : ensemble de conditions atmosphériques permettant la dilution des polluants dans l'atmosphère et donc une diminution de leurs concentrations (vent, température, pression, rayonnement...).

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

DV : Direction de vent.

Emissions : rejets d'effluents gazeux ou particuliers dans l'atmosphère issus d'une source anthropique ou naturelle (exemple : cheminée d'usine, pot d'échappement, feu de biomasse...).

EPA : Environmental Protection Agency.

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale.

Episode de pollution : période pendant laquelle la procédure d'information et d'alerte a été déclenchée traduisant le dépassement du niveau d'information et de recommandations voire du niveau d'alerte pour l'un ou plusieurs des polluants suivants : SO₂, NO₂, O₃ et PM10.

Geod'air : GEstion des données d'Observation de la qualité de l'AIR.

Hg : Mercure.

IANESCO SAS : Laboratoire d'analyse (prestataire).

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Ineris : Institut national de l'environnement industriel et des risques.

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

LD : Limite de détection.

Mesure continue : Mesure directe (prélèvement et analyse sur site).

Mesure différée : Mesure indirecte (prélèvement sur site et analyse en laboratoire).

Mesure fixe : Mesure effectuée à un endroit fixe, soit en continu, soit par échantillonnage aléatoire réparti uniformément sur l'année, afin de déterminer les niveaux de concentration d'un polluant selon des objectifs de qualité des données.

Mesure indicative : Mesure effectuée à un endroit fixe, soit en continu, soit par échantillonnage aléatoire réparti uniformément sur l'année, afin de déterminer les niveaux de concentration d'un polluant selon des objectifs de qualité des données moins stricts que ceux requis pour la mesure fixe.

Mo : Molybdène.

NF : Norme Française.

ng/m³ : nanogramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ ng/m}^3 = 0,000001 \text{ mg/m}^3 = 0,000001 \text{ milligramme de polluant par mètre cube d'air.}$

Ni : Nickel.

NO₂ : Dioxyde d'azote.

O₃ : Ozone.

Objectif à long terme : niveau d'ozone à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Pb : Plomb.

PCAET : Plan Climat Air Energie Territorial

PM10 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 10 µm.

PM2.5 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 2,5 µm.

Polluant primaire : polluant directement émis par une source donnée.

Polluant secondaire : polluant non émis directement, produit de la réaction chimique entre plusieurs polluants présents dans l'atmosphère.

PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air.

QA : Assurance Qualité.

TSP : Particules Totales en Suspension.

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

VV : Vitesse de vent.

Zn : Zinc.

Annexe 2 : Modalités de surveillance

Les stations de mesures

En 2022, la région Hauts-de-France comptait **47 sites de mesures fixes de la qualité de l'air** (cf. [site atmo-hdf.fr](http://site.atmo-hdf.fr)⁶).

Station fixe

Par définition, une station de mesures fixe fournit des informations sur les concentrations de polluants atmosphériques sur un même site en continu ou de manière récurrente.

Station mobile

La station mobile mesure également des concentrations de polluants atmosphériques et des paramètres météorologiques mais de manière ponctuelle et sur différents sites. Autrement dit, elle constitue un laboratoire de surveillance de la qualité de l'air amené à être déplacé sur l'ensemble de la région pour répondre à des campagnes de mesures ponctuelles, en complément de la mesure en continu de la qualité de l'air par le dispositif de mesures fixe.



Critères d'implantation des stations fixes

Chaque station de mesures vise un objectif de surveillance particulier. Selon cet objectif et en application des recommandations⁷ du LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) et de la Fédération Atmo, elle doit respecter des critères d'implantation en lien avec sa classification, mais aussi :

- La métrologie (bonnes conditions de dispersion des polluants, absence d'obstacle, alimentation électrique, accès pour les techniciens...);
- La sécurité de la population (la station ne doit pas gêner ni mettre en danger la population);
- Une exposition de la population la plus représentative (installation du site dans une zone à forte densité de population, absence de source de pollution très locale).

*Les stations fixes sont classées selon l'environnement d'implantation : station **urbaine**, station **périurbaine** ou station **rurale** (proche d'une zone urbaine, régionale ou nationale).*

*Ensuite, chaque mesure réalisée dans la station (c'est-à-dire chaque polluant suivi) est classée selon le type d'influence prédominante : **mesure sous influence industrielle**, **mesure sous influence trafic** ou **mesure de fond** (mesure n'étant pas sous l'influence d'une source spécifique).*

Techniques de mesures

Afin de mesurer les concentrations des polluants atmosphériques, les stations sont équipées de matériels spécifiques. En fonction des polluants étudiés, différentes techniques de mesures peuvent être utilisées.

⁶ <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/mesures-des-stations.html>

⁷ Guide de recommandations du LCSQA et de la Fédération Atmo, *Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air*, Février 2017. <http://www.lcsqa.org/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-francaises-surveillance-qualite-air>

Mesures avec analyse directe

• *Validations techniques de l'analyseur Xact*

• **09/01/2023 :**

- « Toutes les valeurs d'étalon internes sur la période du 19/12/2022 au 02/01/2023 sont dans les tolérances à plus ou moins 10% »

• **16/01/2023 :**

- « Toutes les valeurs d'étalon internes sur la période du 19/12/2022 au 16/01/2023 sont dans les tolérances à plus ou moins 10% »

• **23/01/2023 :**

- « Toutes les autres valeurs d'étalon internes sur la période du 19/12/2022 au 23/01/2023 sont dans les tolérances à plus ou moins 10% »

Ainsi qu'à la fin de la campagne un suivi d'analyseur et d'opérations de vérifications ont été effectués. Ces vérifications incluent :

• **Vérification du test de fuite :**

- « Test validé ($< 150 \text{ mmHg} \cdot \text{min}^{-1}$) »

• **Vérification du débit d'échantillonnage :**

- « La différence calculée entre le débit mesuré par le débitmètre de référence et le débit affiché par le Xact est de 0.14%. Cet écart est acceptable »

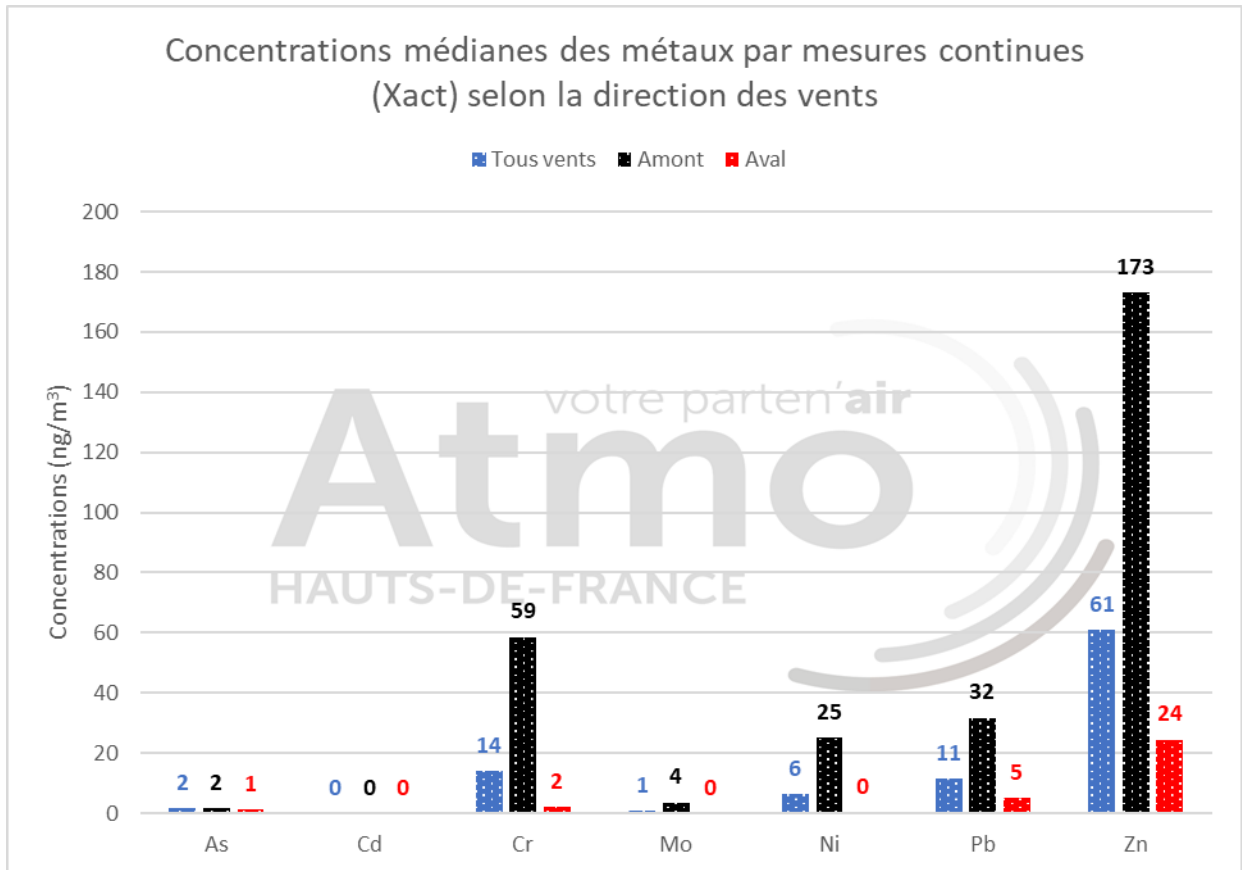
• **Vérification manuelle de la calibration du XRF :**

- « L'écart entre la valeur du certificat d'étalonnage, et la valeur obtenue en mesure sur les cales étalons est inférieur à 10%. La calibration est validée »

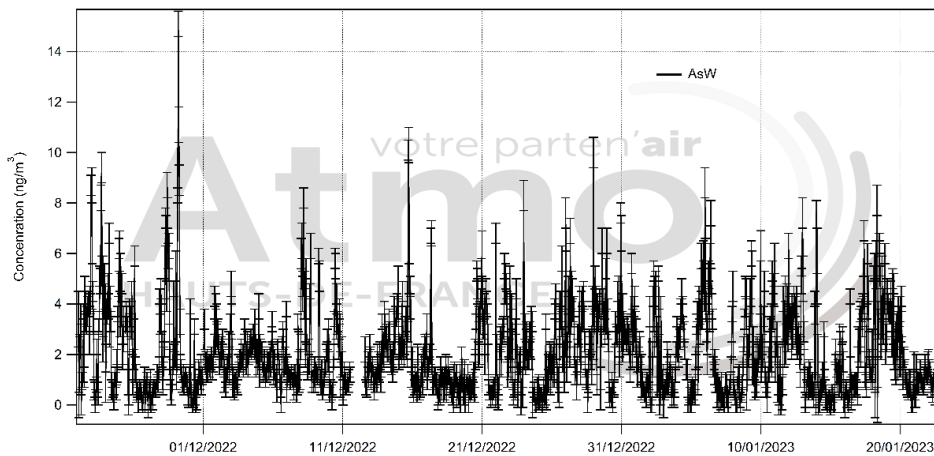
• *Limites de détection et séries temporelles de l'analyseur Xact (incertitudes et mesures)*

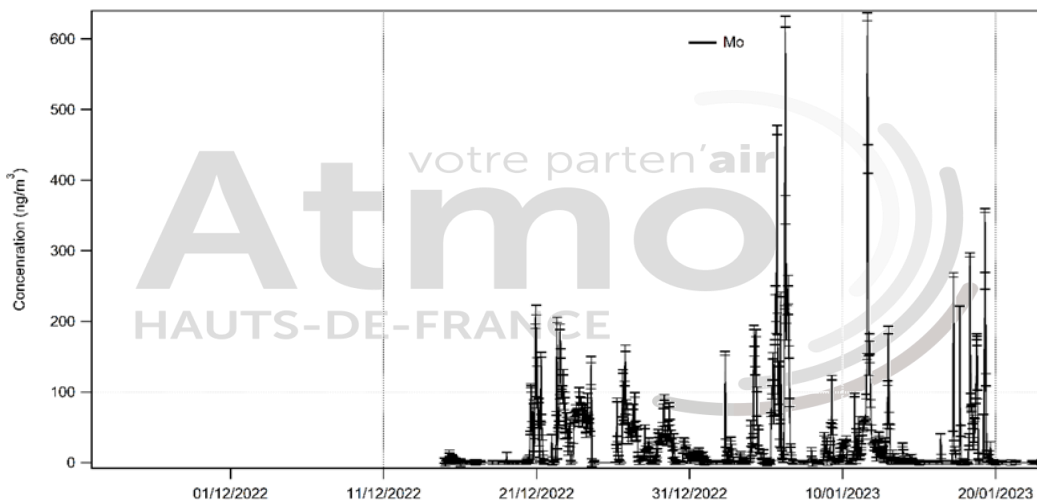
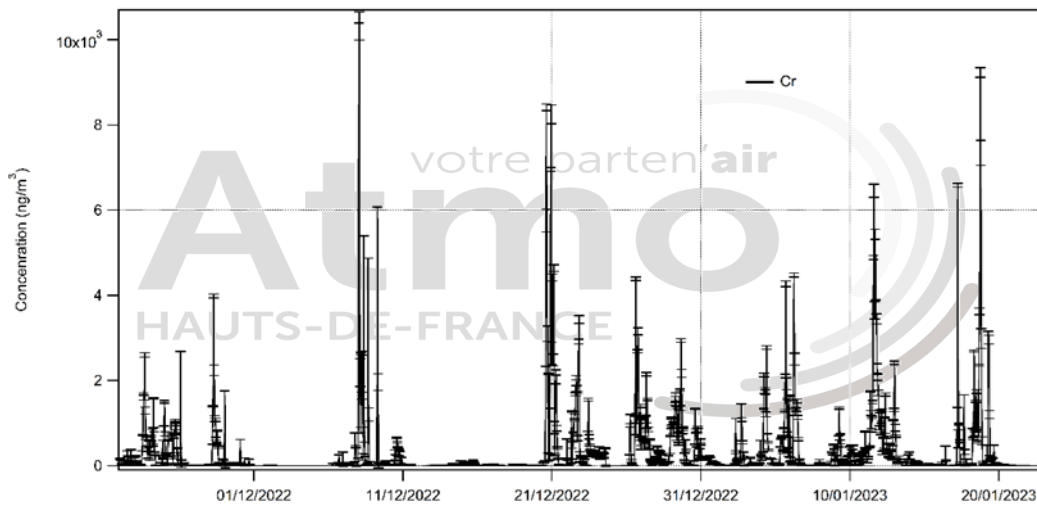
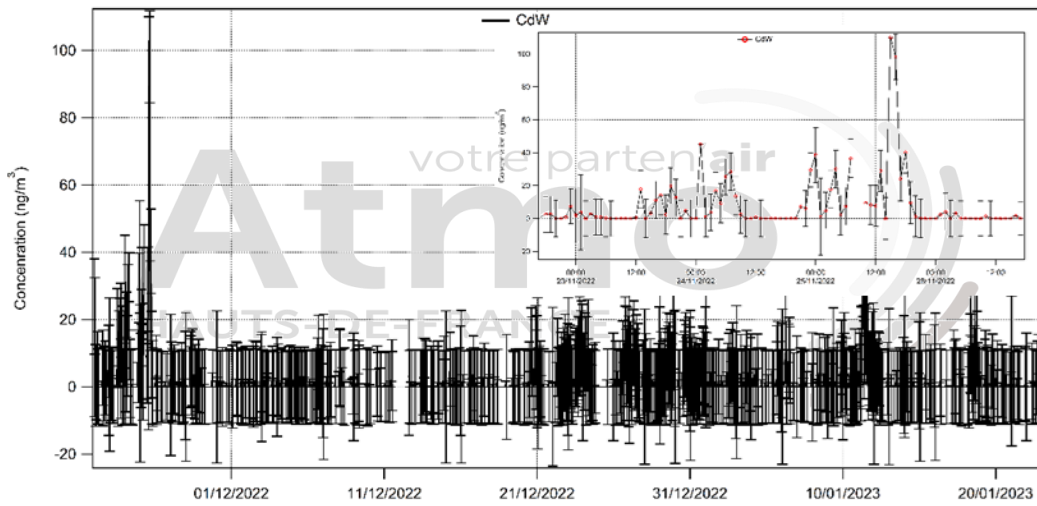
Element	Atomic Number	Detection Limits* (ng/m ³) for Sample Times (minutes)					
		15	30	60	120	180	240
Al	13	840	290	100	35	19	12
Si	14	150	51	17.8	6.3	3.4	2.2
P	15	44	15	5.2	1.8	0.99	0.64
S	16	26	9.1	3.16	1.1	0.6	0.39
Cl	17	15	5	1.73	0.61	0.33	0.21
K	19	9.8	3.4	1.17	0.41	0.22	0.14
Ca	20	2.5	0.86	0.3	0.1	0.057	0.037
Ti	22	1.3	0.46	0.16	0.056	0.03	0.02
V	23	1	0.34	0.12	0.042	0.023	0.015
Cr	24	0.97	0.33	0.12	0.041	0.022	0.014
Mn	25	1.2	0.41	0.14	0.05	0.027	0.018
Fe	26	1.4	0.49	0.17	0.061	0.033	0.021
Co	27	1.1	0.39	0.14	0.049	0.026	0.017
Ni	28	0.78	0.27	0.1	0.034	0.018	0.012
Cu	29	0.65	0.23	0.079	0.028	0.015	0.01
Zn	30	0.55	0.19	0.067	0.023	0.013	0.008
As	33	0.52	0.18	0.063	0.022	0.012	0.008
Se	34	0.66	0.23	0.081	0.029	0.016	0.01
Br	35	0.85	0.3	0.1	0.037	0.02	0.013
Ag	47	16	5.5	1.9	0.68	0.37	0.24
Cd	48	21	7.2	2.5	0.89	0.48	0.31
In	49	26	8.9	3.1	1.1	0.6	0.39
Sn	50	33	12	4.1	1.4	0.78	0.51
Sb	51	42	15	5.2	1.8	0.99	0.64
Ba	56	3.3	1.1	0.39	0.14	0.074	0.048
Hg	80	0.99	0.35	0.12	0.043	0.023	0.015
Tl	81	0.95	0.33	0.12	0.041	0.022	0.014
Pb	82	1	0.36	0.13	0.045	0.024	0.016
Bi	83	1.1	0.37	0.13	0.046	0.025	0.016

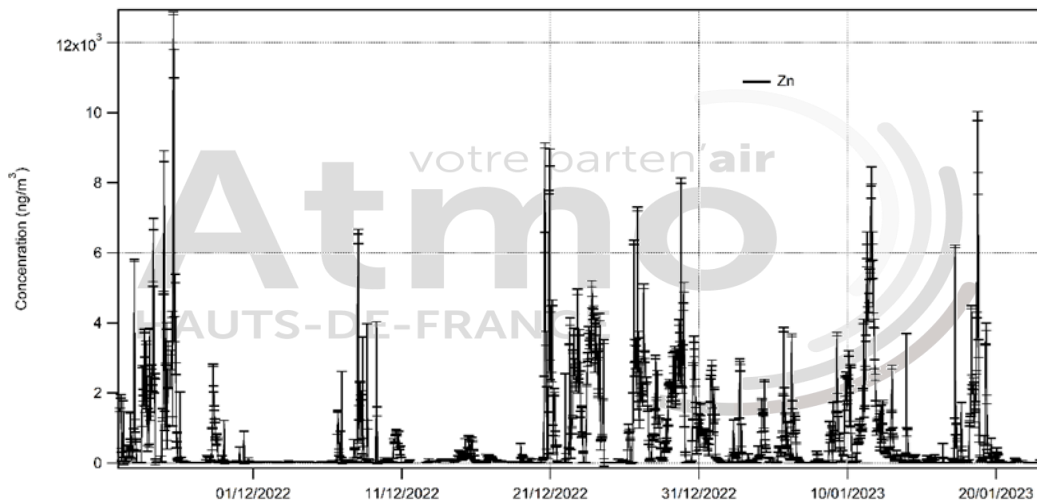
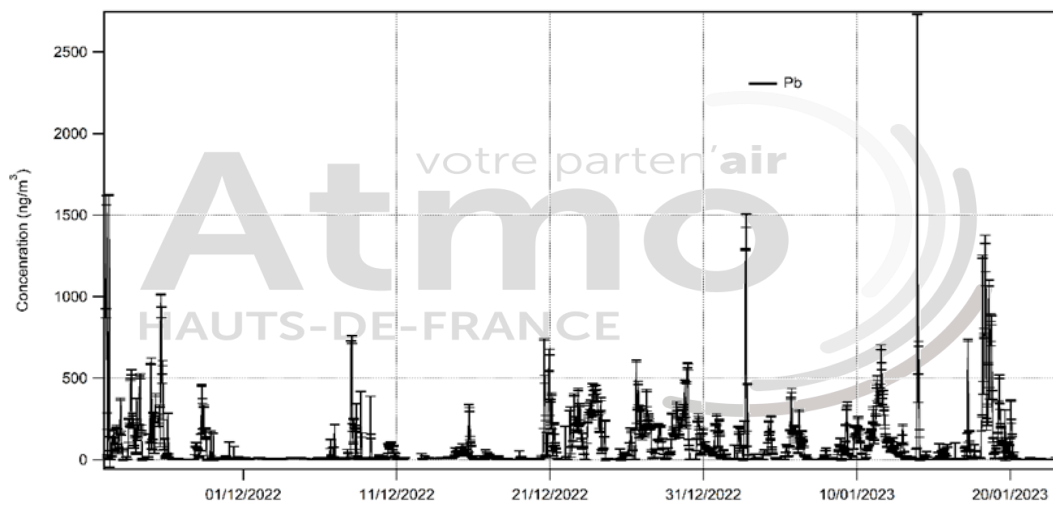
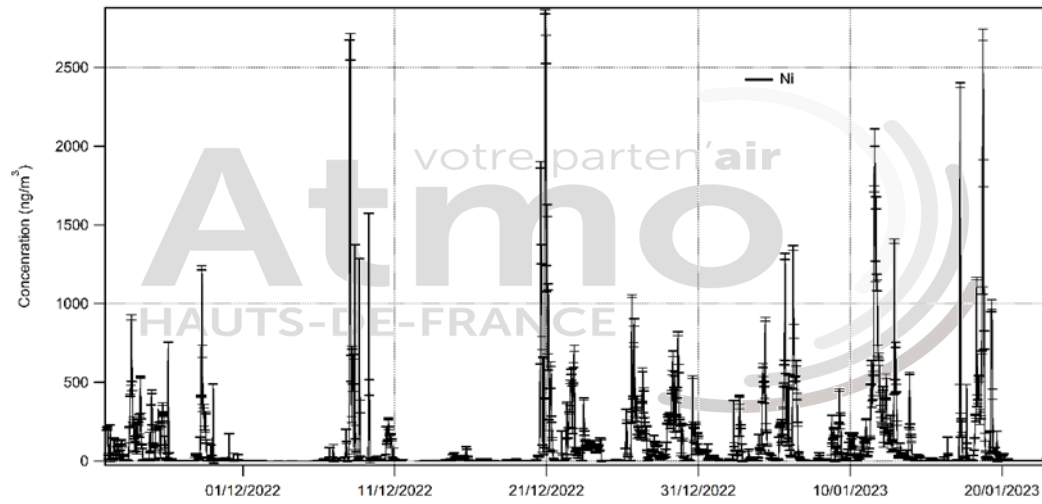
- Concentrations médianes selon la direction des vents



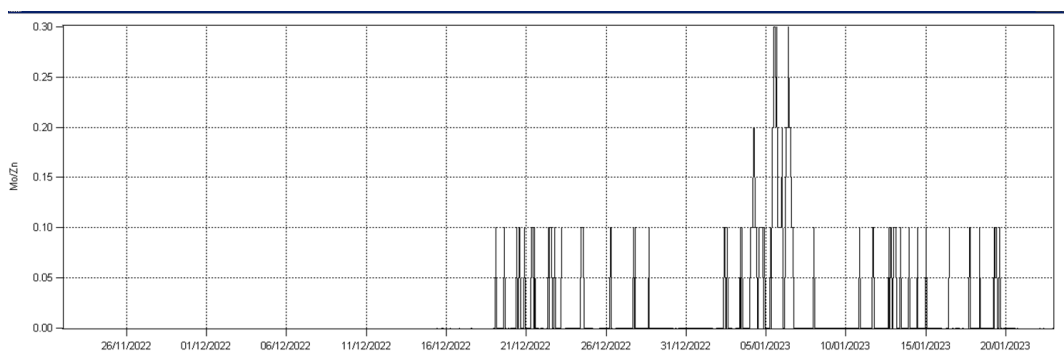
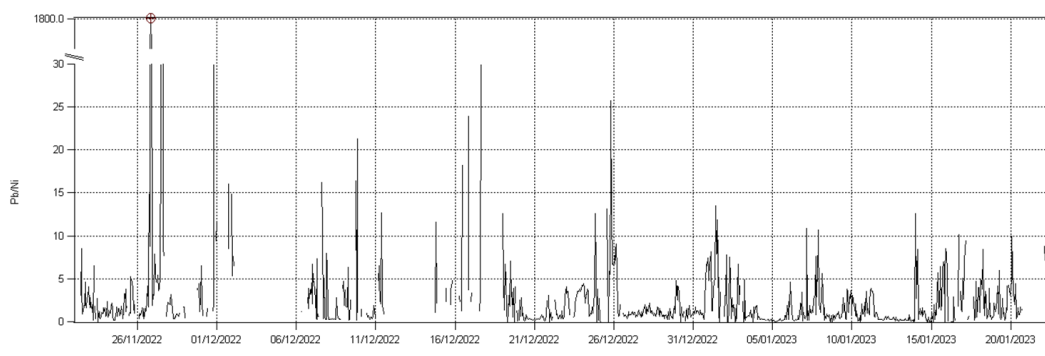
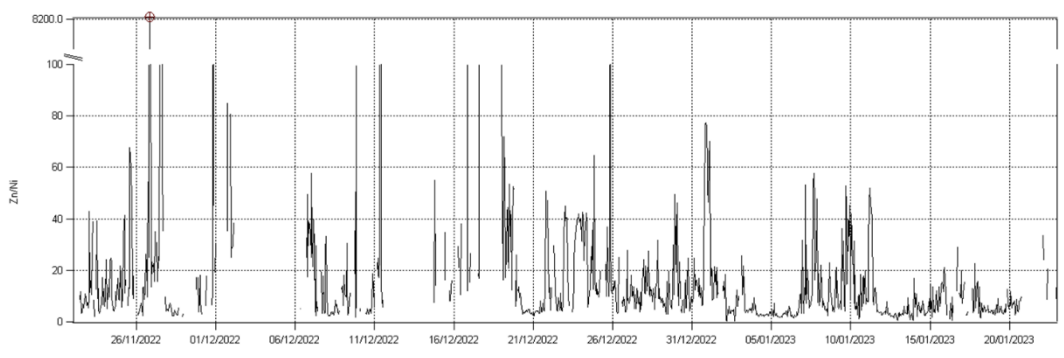
- Séries temporelles des concentrations de mesures avec incertitude

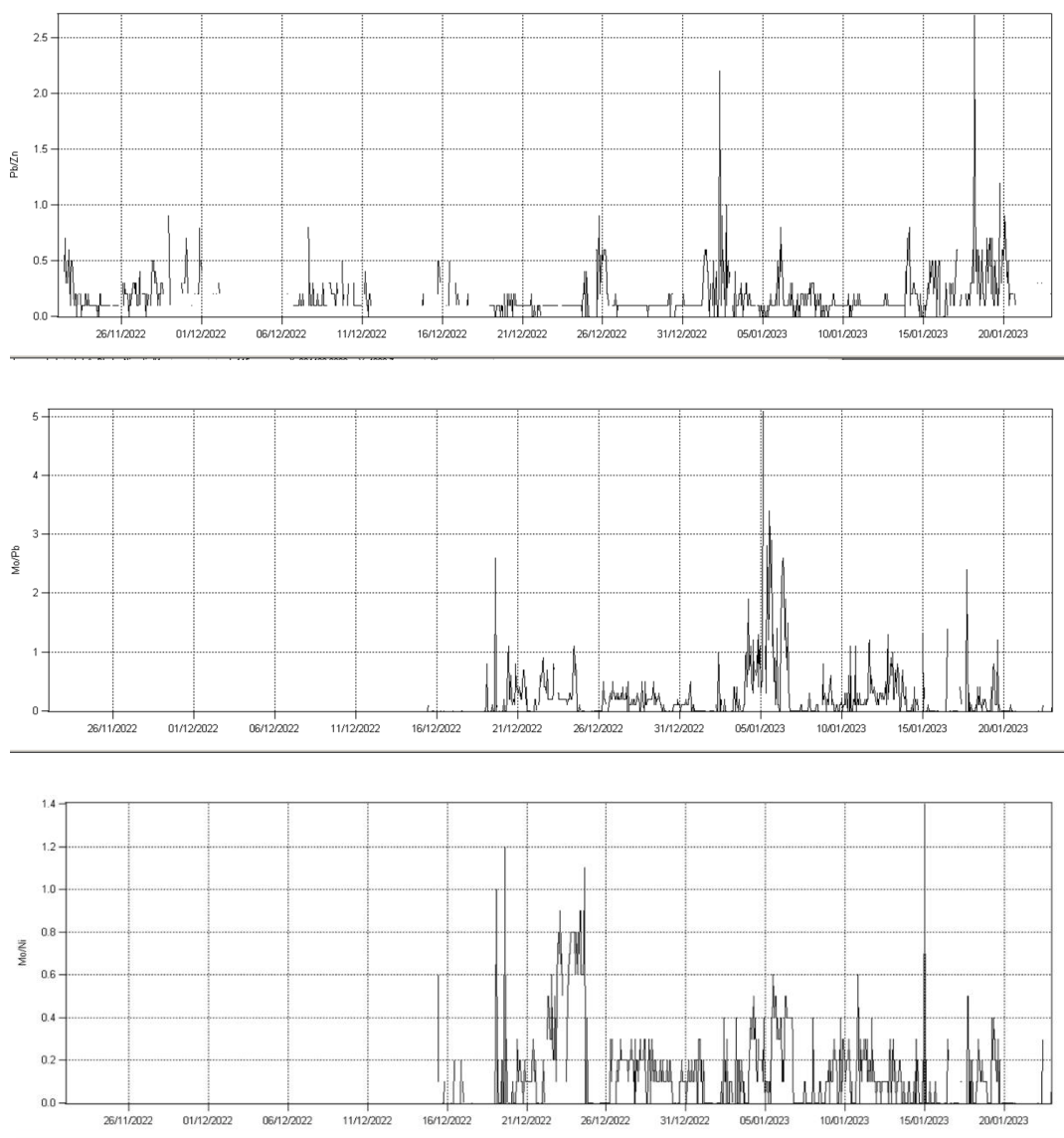






- *Séries temporelles des ratios des concentrations de mesures continues*





Mesures avec analyse différée

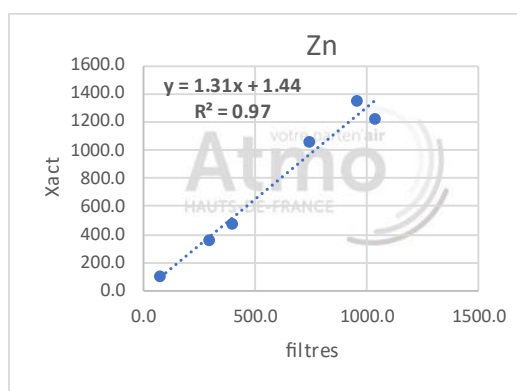
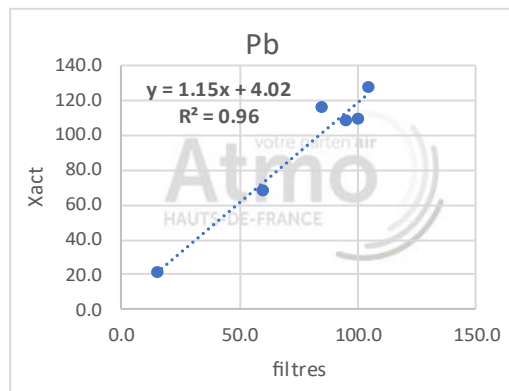
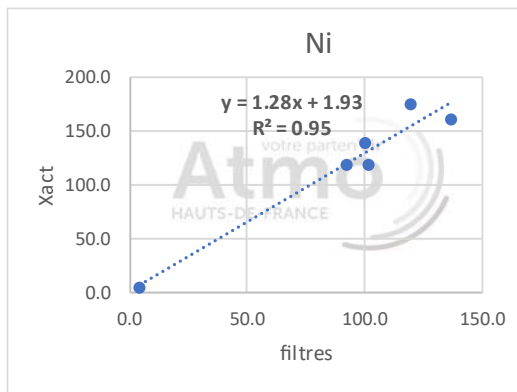
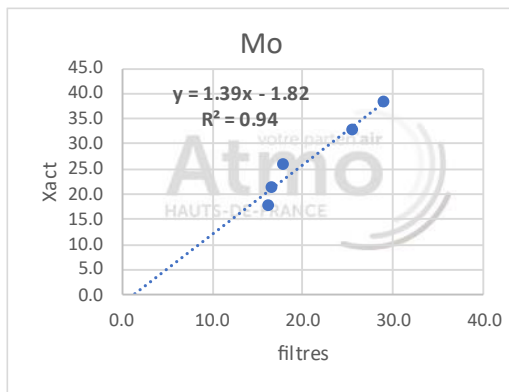
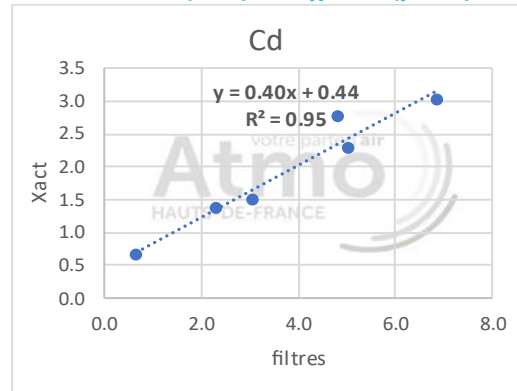
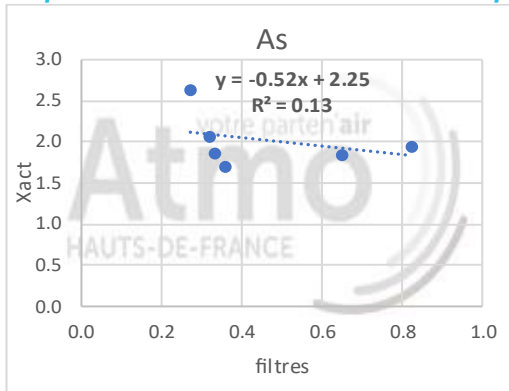
- **Le prélèvement actif**

Ces mesures sont réalisées en deux étapes : d'une part, le prélèvement sur support (filtre, mousse...) par des **préleveurs actifs** (aspiration d'un volume d'air), puis une **analyse en laboratoire**. Une alimentation électrique est nécessaire 24h/24h au bon fonctionnement de l'appareil de mesure. Une valeur moyenne est calculée pour la période de mesure (en général, les prélèvements ont lieu sur des périodes de 1 à 7 jours). Les fluctuations des concentrations sur une période plus fine, par ce biais, ne sont pas mises en évidence. De plus, le résultat n'est pas obtenu immédiatement, car il nécessite une analyse en laboratoire. Ce principe permet d'analyser de nombreux polluants :

les métaux lourds (norme NF EN 14902), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (norme NF EN 15549), les dioxines, les furanes, les polychlorobiphényles dioxine like (PCB DL), les pesticides, le carbone élémentaire, les ions inorganiques, le levoglucosan etc.



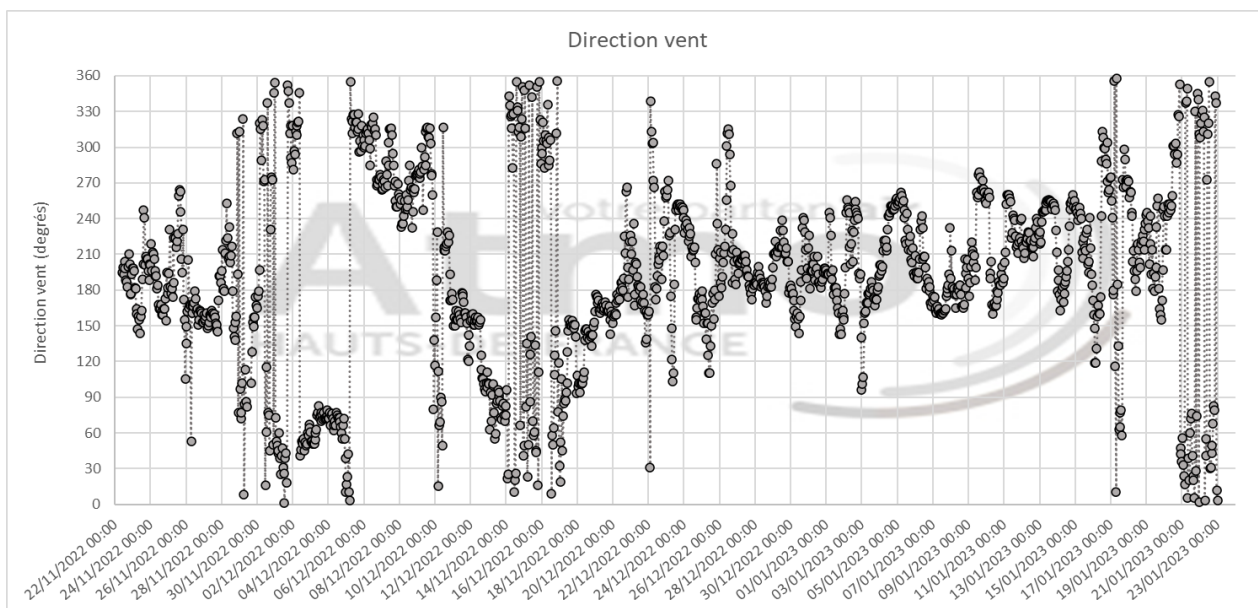
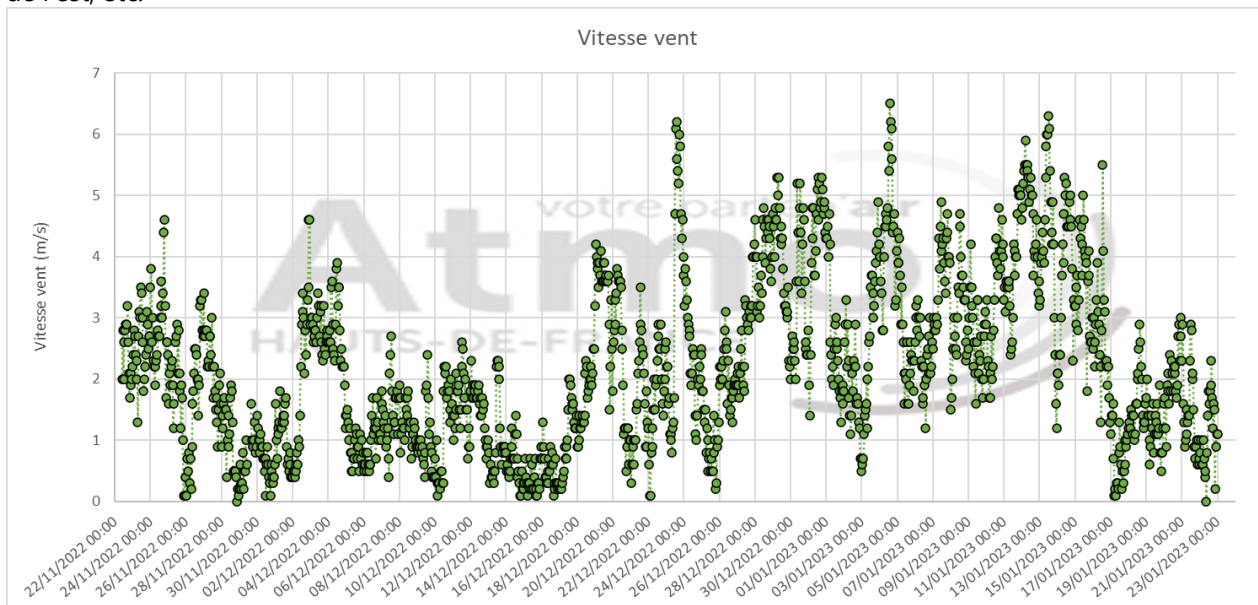
- **Comparaison entre concentrations obtenues par les mesures continues (Xact) et différées (filtres)**



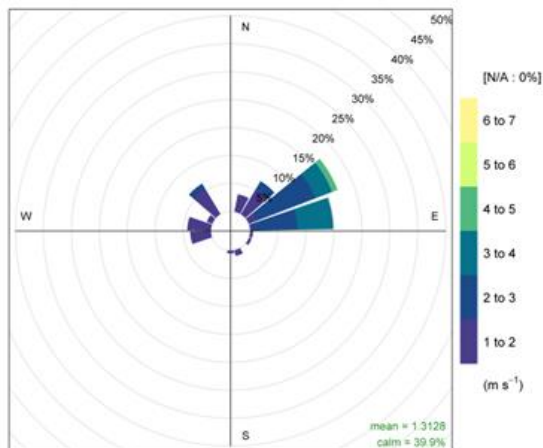
Annexe 3 : Météorologie

- Vents

Les figures ci-dessous représentent les directions et vitesses de vent mesurées par les stations d'Isbergues. Une direction de 0° ou de 360° indique un vent provenant du nord, une direction de 90° indique un vent provenant de l'est, etc.



Semaine 1 : 29/11/2022 – 07/12/2022

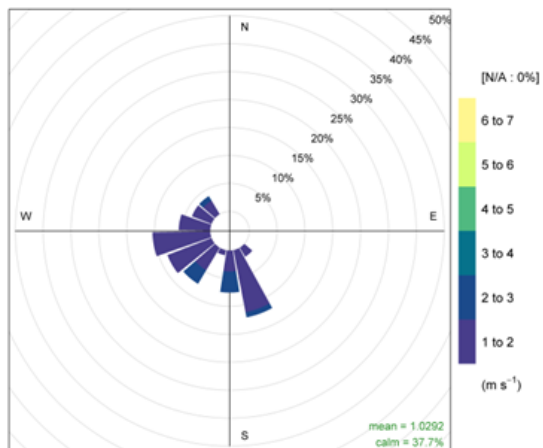


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 29/11/2022 à 16h00 (TU) au 07/12/2022 à 12h00 (TU)
(données horaires)

Durant la première semaine (S1), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant nord-est. Des vents provenant de la direction nord-ouest ont également été observés, mais dans une moindre proportion.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s).

Semaine 2 : 07/12/2022 – 11/12/2022

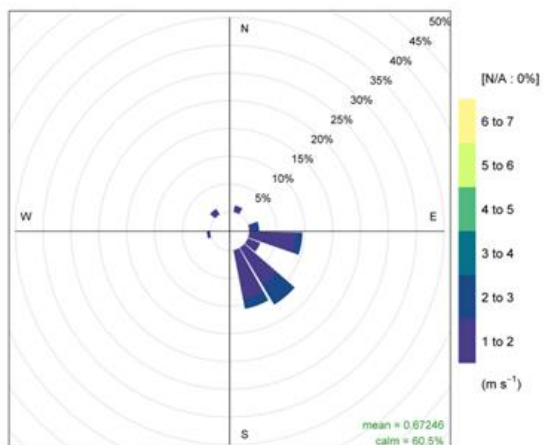


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 07/12/2022 à 13h00 (TU) au 11/12/2022 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la deuxième semaine (S2), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud-ouest. Des vents provenant de direction sud-sud-est ont également été observés, mais dans une moindre proportion.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 3 m/s).

Semaine 3 : 12/12/2022 – 18/12/2022

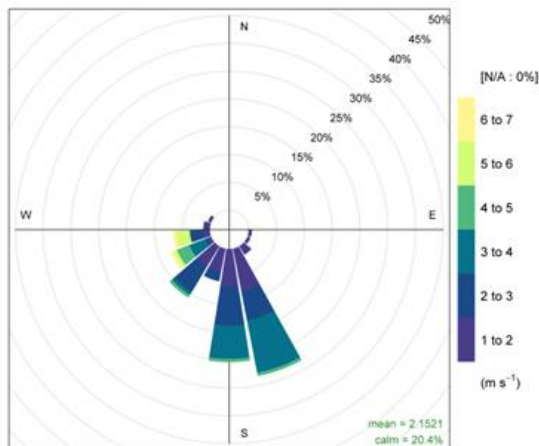


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 12/12/2022 à 00h00 (TU) au 18/12/2022 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la troisième semaine (S3), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud-est.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 3 m/s).

Semaine 4 : 19/12/2022 – 25/12/2022

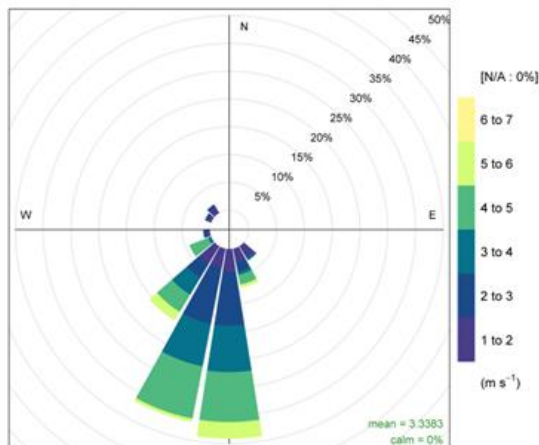


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 19/12/2022 à 00h00 (TU) au 25/12/2022 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la quatrième semaine (S4), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud sud-est à sud-ouest.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s) avec quelques fois (~4 %) des vents plus forts (vitesse > 5 m/s).

Semaine 5 : 26/12/2022 – 01/01/2023

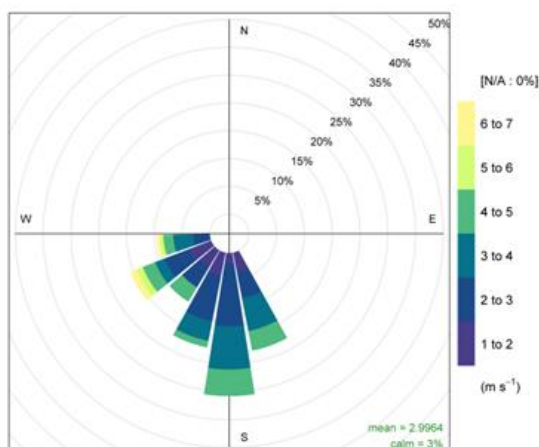


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 26/12/2022 à 00h00 (TU) au 01/01/2023 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la cinquième semaine (S5), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud à sud-ouest.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s) avec quelques fois (~6 %) des vents plus forts (vitesse > 5 m/s).

Semaine 6 : 02/01/2023 – 08/01/2023

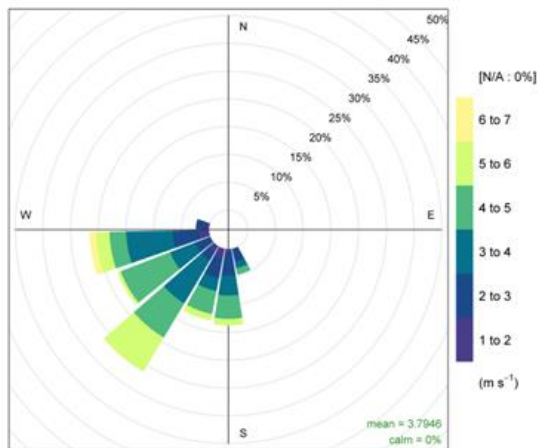


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 02/01/2023 à 00h00 (TU) au 08/01/2023 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la sixième semaine (S6), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud à sud-ouest. Des vents provenant de direction sud sud-est ont également été observés, mais dans une moindre proportion.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s) avec quelques fois (~6 %) des vents plus forts (vitesse > 5 m/s).

☐ Semaine 7 : 09/01/2023 – 15/01/2023

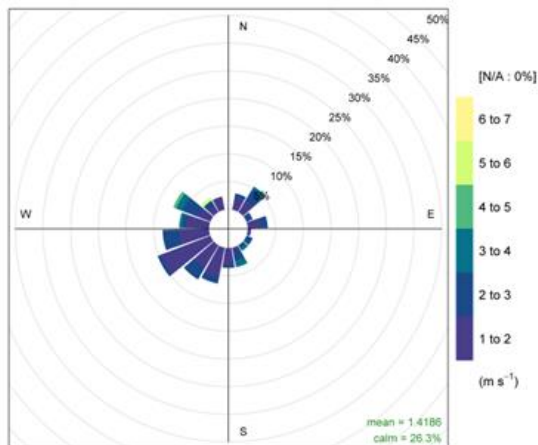


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 09/01/2023 à 00h00 (TU) au 15/01/2023 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la septième semaine (S7), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud à sud-ouest.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s) avec quelques fois (~4 %) plus forts (vitesse > 5 m/s).

☐ Semaine 8 : 16/01/2023 – 22/01/2023

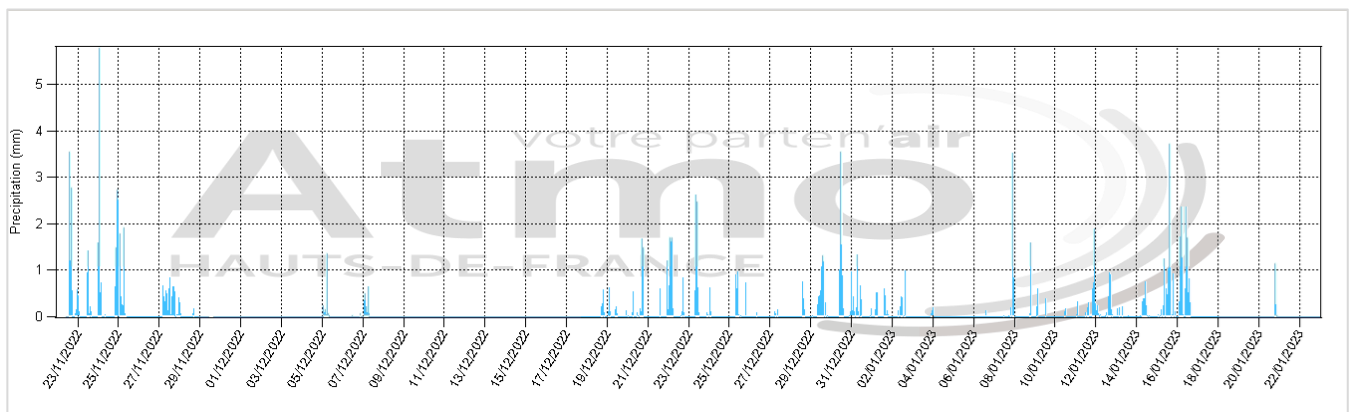


Rose des vents à Isbergues Impasse Vandaele
du 16/01/2023 à 00h00 (TU) au 22/01/2023 à 23h00 (TU)
(données horaires)

Durant la huitième semaine (S8), le territoire a été soumis à des vents majoritairement issus du quadrant sud-ouest. Des vents provenant d'autres directions ont également été observés, mais dans une moindre proportion.

Les vents ont été en grande majorité peu dispersifs (vitesse < 4 m/s).

• Précipitation



Annexe 4 : Fiches des émissions de polluants pour la CA de Béthune–Bruay Artois Lys Romane

Les émissions totales représentées ne prennent pas en compte le brûlage des déchets agricoles, le transport maritime, les stations-services et le stockage des combustibles solides (données non disponibles ou avec un niveau d'incertitude trop élevé). Pour en savoir plus voir le guide méthodologique.

Dans les fiches suivantes, le secteur industriel est divisé en deux sous-secteurs :

- l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie d'une part,
- l'industrie manufacturière, le traitement des déchets et la construction d'autre part.

Le secteur transports est divisé en deux sous-secteurs :

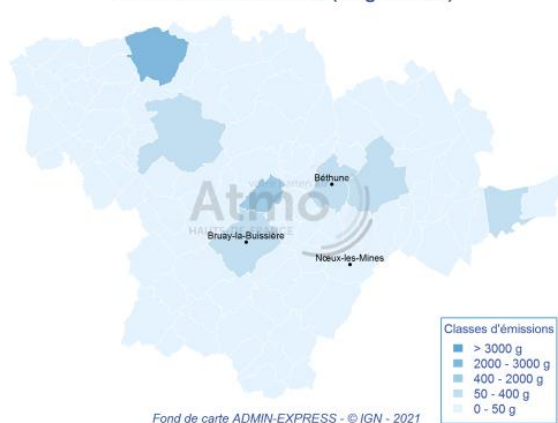
- les émissions du transport routier
- les modes de transport autres que routier



Fiche émissions 2018 CA de Béthune–Bruay Artois Lys Romane Cadmium (Cd)



Emissions de Cd réparties par communes sur le territoire en 2018 (en grammes)



Répartition des émissions de Cd par secteur d'activité en 2018 (en %)



Source : Atmo Hauts-de-France

Les émissions de chaque polluant sont sectorisées en 9 activités principales. Les secteurs ci-dessus sont ceux utilisés dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET).

Evolution chronologique des émissions de Cd totales sur le territoire (en kilogrammes)



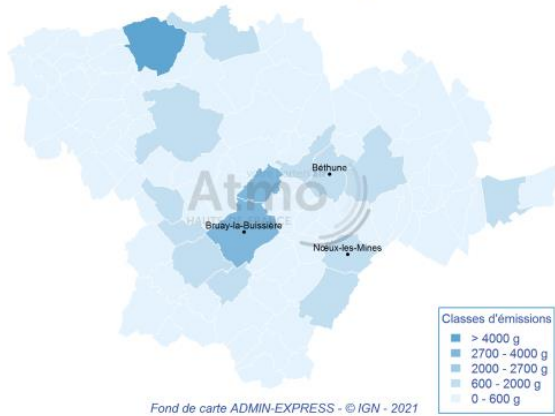
Les émissions sont des quantités de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre rejetées dans l'atmosphère par différentes sources. L'inventaire des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) recense une quarantaine de polluants. Pour plus d'informations voir la rubrique « Tout savoir sur l'air - Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr

Fiche émissions 2018 CA de Béthune-Bruay Artois Lys Romane Chrome (Cr)

Quelques chiffres clés



Emissions de Cr réparties par communes sur le territoire en 2018 (en grammes)



Répartition des émissions de Cr par secteur d'activité en 2018 (en %)



Les émissions de chaque polluant sont sectorisées en 9 activités principales. Les secteurs ci-dessus sont ceux utilisés dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)

Evolution chronologique des émissions de Cr totales sur le territoire (en kilogrammes)



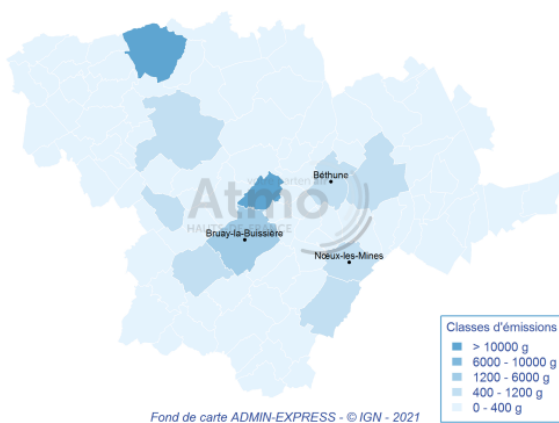
Les émissions sont des quantités de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre rejetées dans l'atmosphère par différentes sources. L'inventaire des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) recense une quarantaine de polluants. Pour plus d'informations voir la rubrique « Tout savoir sur l'air - Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr

Fiche émissions 2018 CA de Béthune-Bruay Artois Lys Romane Nickel (Ni)

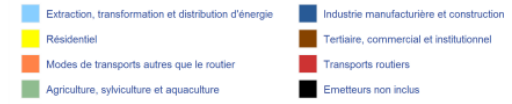
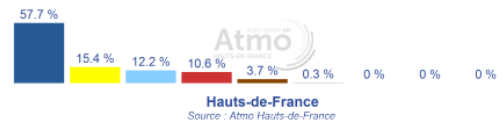
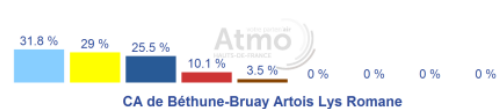
Quelques chiffres clés



Emissions de Ni réparties par communes sur le territoire en 2018 (en grammes)



Répartition des émissions de Ni par secteur d'activité en 2018 (en %)



Les émissions de chaque polluant sont sectorisées en 9 activités principales. Les secteurs ci-dessus sont ceux utilisés dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)

Evolution chronologique des émissions de Ni totales sur le territoire (en kilogrammes)



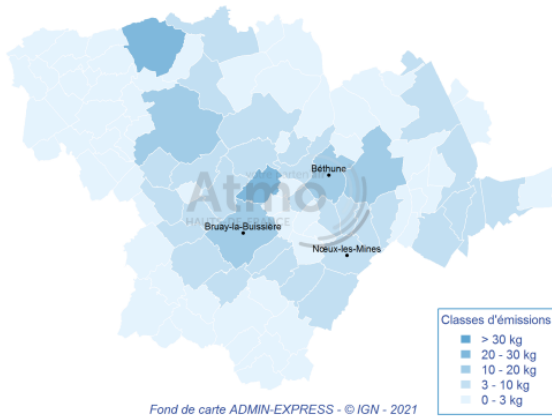
Les émissions sont des quantités de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre rejetées dans l'atmosphère par différentes sources. L'inventaire des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) recense une quarantaine de polluants. Pour plus d'informations voir la rubrique « Tout savoir sur l'air - Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr

Fiche émissions 2018 CA de Béthune-Bruay Artois Lys Romane Plomb (Pb)

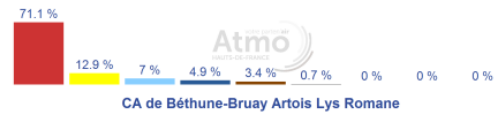
Quelques chiffres clés



Emissions de Pb réparties par communes sur le territoire en 2018 (en kilogrammes)

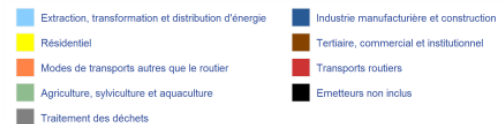


Répartition des émissions de Pb par secteur d'activité en 2018 (en %)



Hauts-de-France

Source : Atmo Hauts-de-France



Les émissions de chaque polluant sont sectorisées en 9 activités principales. Les secteurs ci-dessus sont ceux utilisés dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)

Evolution chronologique des émissions de Pb totales sur le territoire (en kilogrammes)



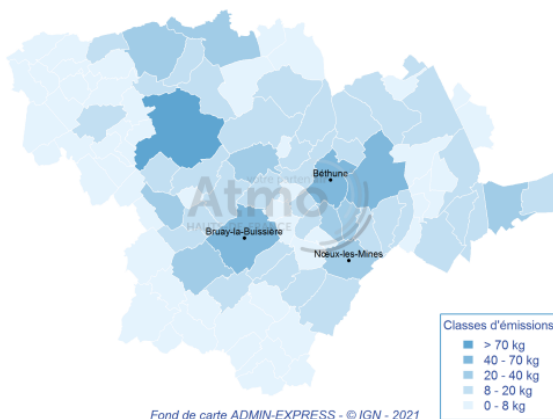
Les émissions sont des quantités de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre rejetées dans l'atmosphère par différentes sources. L'inventaire des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) recense une quarantaine de polluants. Pour plus d'informations voir la rubrique « Tout savoir sur l'air - Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr

Fiche émissions 2018 CA de Béthune-Bruay Artois Lys Romane Zinc (Zn)

Quelques chiffres clés



Emissions de Zn réparties par communes sur le territoire en 2018 (en kilogrammes)

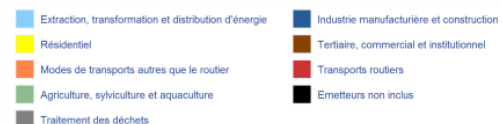


Répartition des émissions de Zn par secteur d'activité en 2018 (en %)



Hauts-de-France

Source : Atmo Hauts-de-France



Les émissions de chaque polluant sont sectorisées en 9 activités principales. Les secteurs ci-dessus sont ceux utilisés dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)

Evolution chronologique des émissions de Zn totales sur le territoire (en kilogrammes)



Les émissions sont des quantités de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre rejetées dans l'atmosphère par différentes sources. L'inventaire des émissions Atmo Hauts-de-France (A2018_M2020_v4) recense une quarantaine de polluants. Pour plus d'informations voir la rubrique « Tout savoir sur l'air - Inventaire des émissions » sur www.atmo-hdf.fr

Annexe 5 : Taux de couverture des données

Type de mesure et polluant	Couverture temporelle minimal (%)	Taux de saisie minimal (%)	Couverture des données minimales (*) (%)
Mesures fixes			
SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO	100	85	85
PM10, PM2.5	100	85	85
O ₃ , Avril – Sept.	100	85	85
O ₃ , Jan. – Mars + Oct. – Déc	100	70	70
Benzène, site industriel	90	85	77
Benzène, site urbain de fond et de trafic	35	85	30
Pb,	100	85	85
As, Cd, Ni	50	85	43
B[a]P	33	85	28
Mesures indicatives			
Tous polluants hors O ₃ estival et dépôt total	14	90	13
O ₃ estival	> 10 en été	90	9
Dépôt total	33	90	30

(*) valeur arrondie à l'entier

Annexe 6 : Repères réglementaires

Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses valeurs réglementaires (valeurs limites, valeurs cibles, objectifs...) en air extérieur. Ces normes sont définies au niveau européen dans des directives, puis sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

A noter que pour toute comparaison à des valeurs limites annuelles, selon l'Annexe 6 I de la directive européenne 2008/50/CE, la période minimale de prise en compte doit être de 14% de l'année (une mesure journalière aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou 8 semaines réparties uniformément sur l'année).

La valeur limite est un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

La valeur cible est un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

L'objectif de qualité (ou objectif à long terme pour l'ozone) est un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque de dépassement pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Une procédure interdépartementale d'information et d'alerte du public est instituée en région Hauts-de-France. Elle organise une série d'actions et de mesures d'urgence afin de réduire les émissions de polluants et d'en limiter les effets sur la santé et l'environnement. Cette procédure définit les modalités de déclenchement des actions, basées notamment sur les seuils d'information et d'alerte. Les mesures des campagnes ponctuelles ne sont pas intégrées à cette procédure.

Un tableau des valeurs réglementaires des polluants suivis dans cette étude est présenté page suivante.

	Valeur limite	Objectif de qualité / objectif à long terme	Valeur cible
PM10	40 µg/m³ en moyenne annuelle		-
	50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	30 µg/m³ en moyenne annuelle	-
PM2.5	25 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle
O ₃	-	<u>Protection de la santé h</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissante, à ne pas dépasser plus de 25 jours/an en moyenne sur 3 ans</i> <u>Protection de la végétation h</u> AOT40⁸ = 6 000 µg/m³.h	<u>Protection de la santé h</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissante, à ne pas dépasser plus de 25 jours/an en moyenne sur 3 ans</i> <u>Protection de la végétation h</u> AOT40 = 18 000 µg/m³.h en moyenne sur 5 ans
NO ₂	40 µg/m³ en moyenne annuelle		-
	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an		-
SO ₂	125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	50 µg/m³ en moyenne annuelle	-
	350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures/an	-	-
CO	10 mg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes	-	-
Benzène	5 µg/m³ en moyenne annuelle	2 µg/m³ en moyenne annuelle	-
Plomb (Pb)	0,5 µg/m³ <i>en moyenne annuelle</i>	0,25 µg/m³ <i>en moyenne annuelle</i>	-
Arsenic (As)	-	-	6 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
Cadmium (Cd)	-	-	5 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
Nickel (Ni)	-	-	20 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
B(a)P	-	-	1 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>

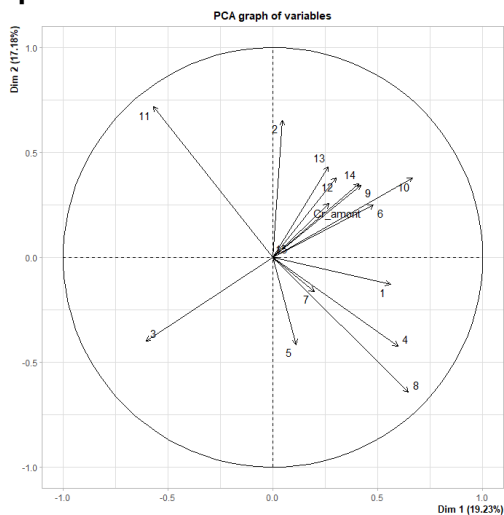
(Source h Directives 2008/50/CE du 21 mai 2008 et 2004/107/CE du 15 décembre 2004)

⁸ AOT40 = la somme des différences entre les concentrations horaires en ozone supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³, basée uniquement sur les valeurs horaires mesurées de 8 heures à 20 heures sur la période de mai à juillet.

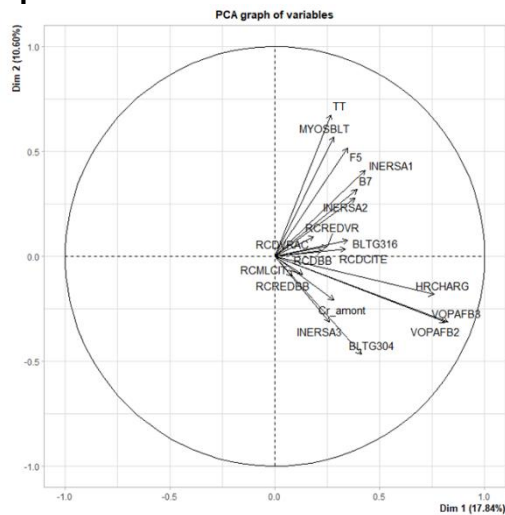
Annexe 7 : Analyses statistiques par groupe d'indicateurs pour Chrome, Molybdène, Plomb et Zinc.

Chrome

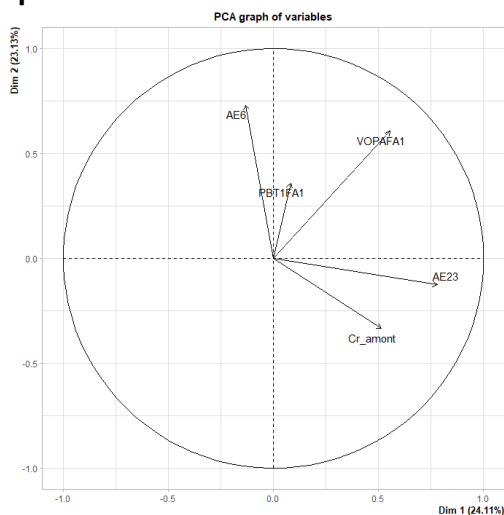
Groupe 1



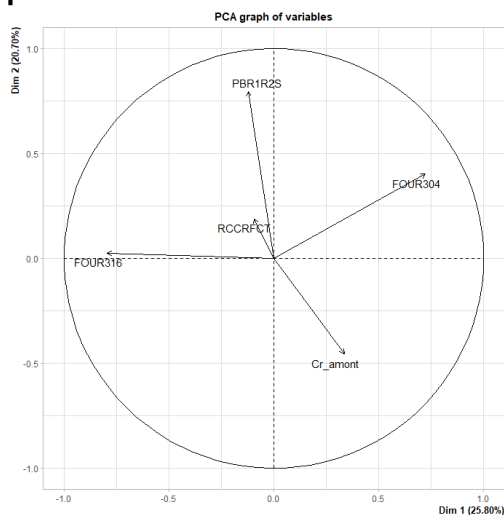
Groupe 2.1



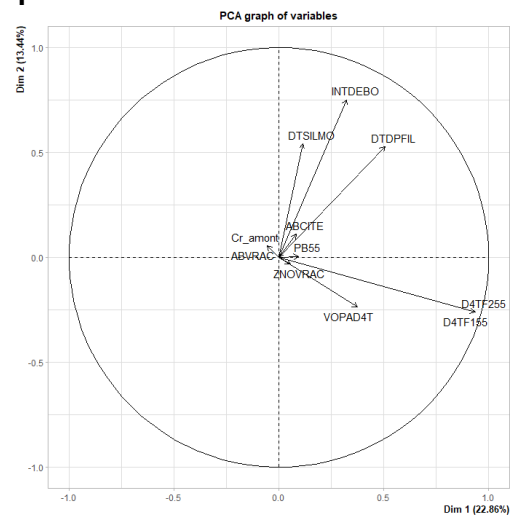
Groupe 2.2



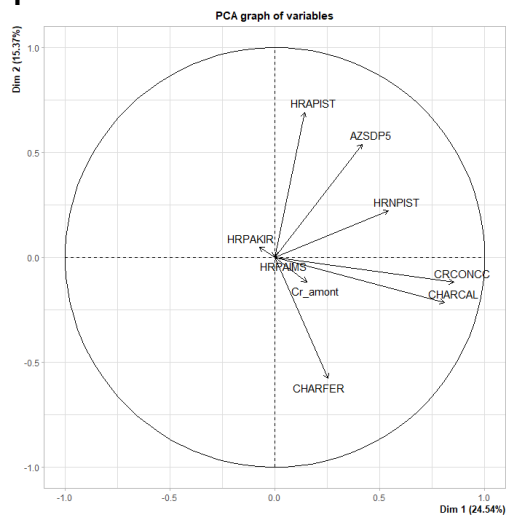
Groupe 2.3



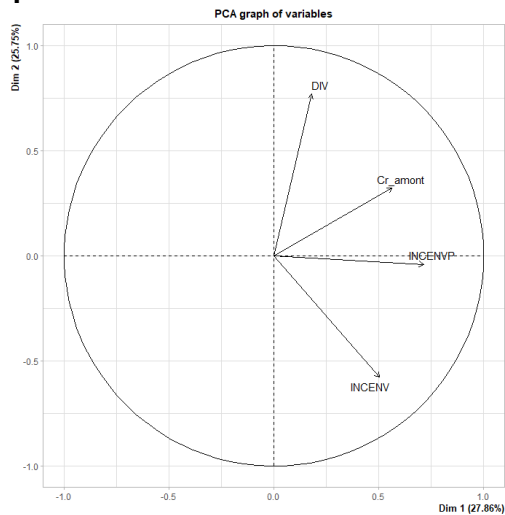
Groupe 2.4



Groupe 2.5



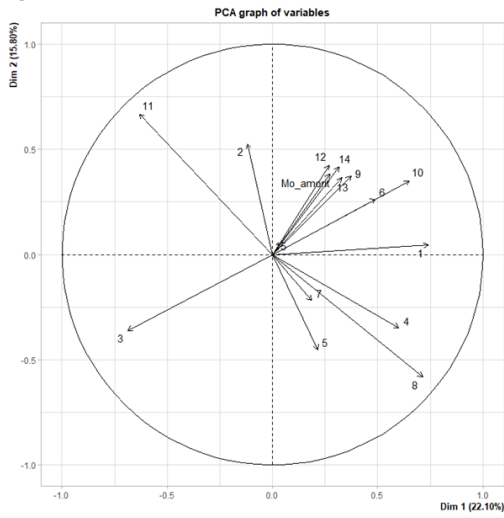
Groupe 2.6



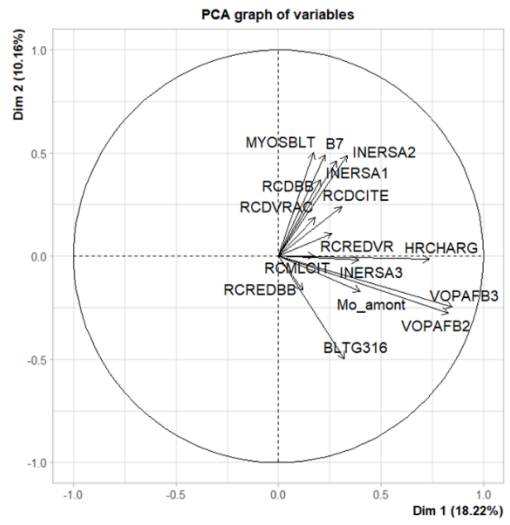
Commentaires

- **Cr présente les résultats identiques à Ni (Ni vs Cr pente=0.95)**
- **Groupe 1 :**
 - Cr proche : 1.6, 1.9, 1.10, 1.12, 1.13, 1.14
- **Groupe 2.1 :**
 - Cr proche : INERSA3, BLTG304, VOPAFB2, VOPAFB3, HRCHARG.
- **Groupe 2.2 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.3 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.4 :**
 - Cr pas bien intégré
- **Groupe 2.5 :**
 - Cr pas bien intégré
- **Groupe 2.6 :**
 - Cr proche : INCENVP, DIV

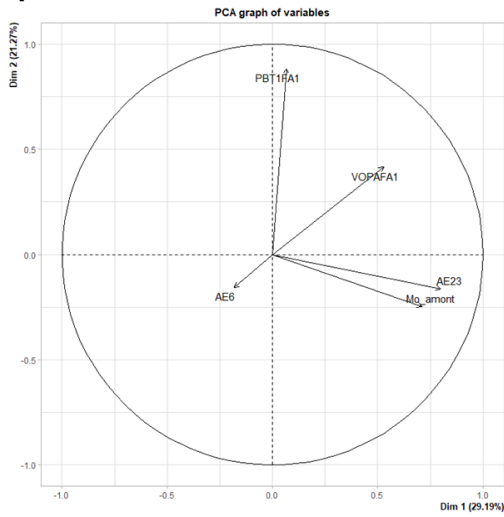
Groupe 1



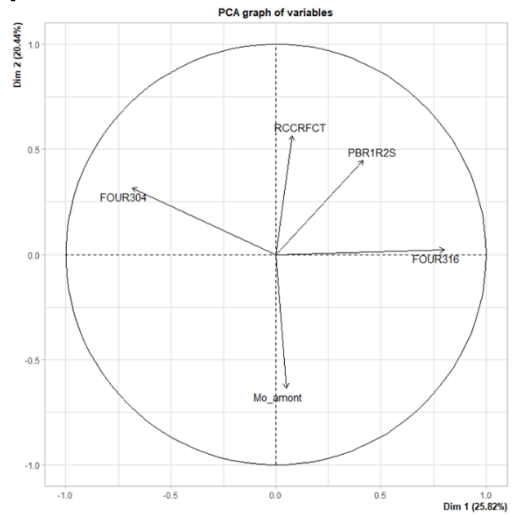
Groupe 2.1



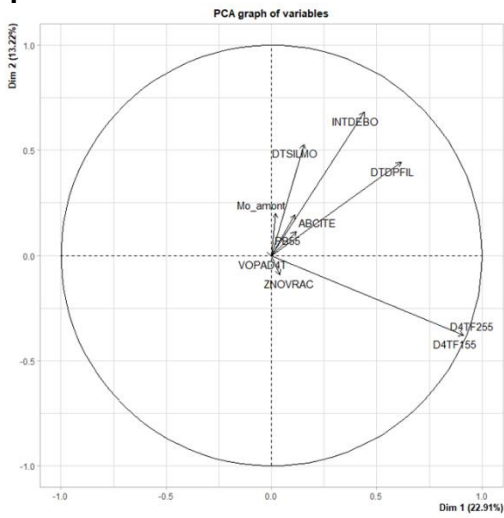
Groupe 2.2



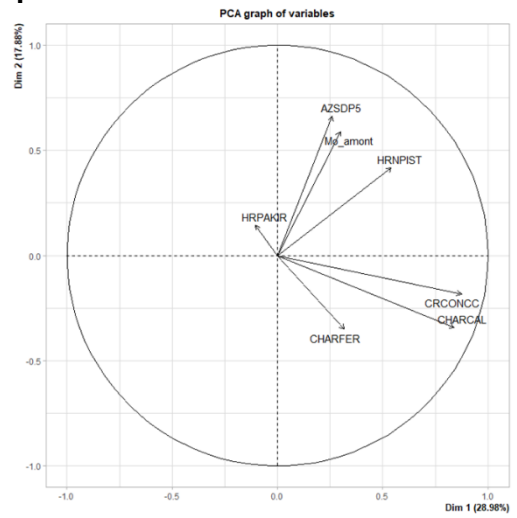
Groupe 2.3



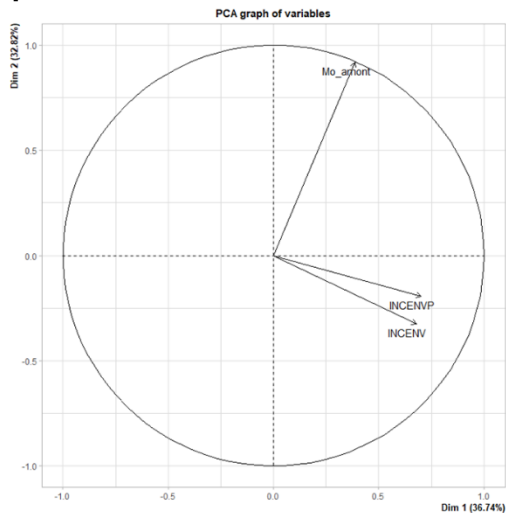
Groupe 2.4



Groupe 2.5



Groupe 2.6

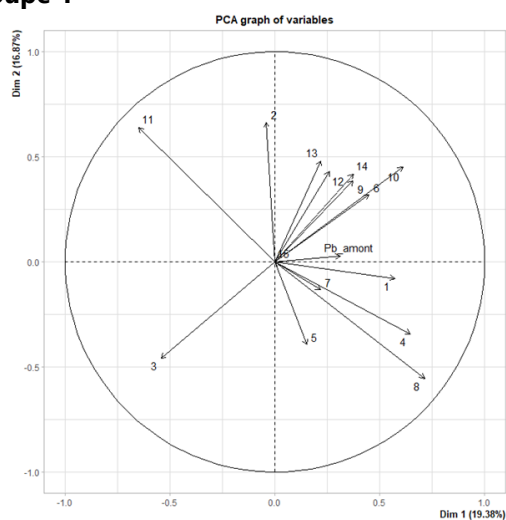


Commentaires

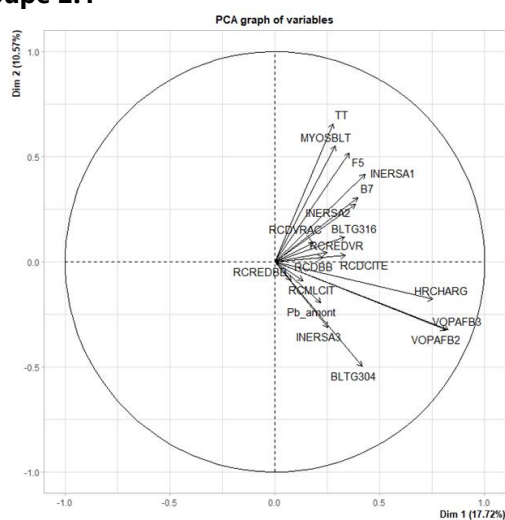
- **Groupe 1 :**
 - Mo proche : 1.2, 1.6, 1.9, 1.10, 1.12, 1.13, 1.14
- **Groupe 2.1 :**
 - Mo proche : BLTG316, VOPAFB3, VOPAFB2.
- **Groupe 2.2 :**
 - Mo proche : AE23
- **Groupe 2.3 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.4 :**
 - Mo proche : *DTSILMO*, Mo pas bien intégré
- **Groupe 2.5 :**
 - Mo proche : AZSSDP5, HRNPIST
- **Groupe 2.6 :**
 - Pas de corrélation direct

Plomb

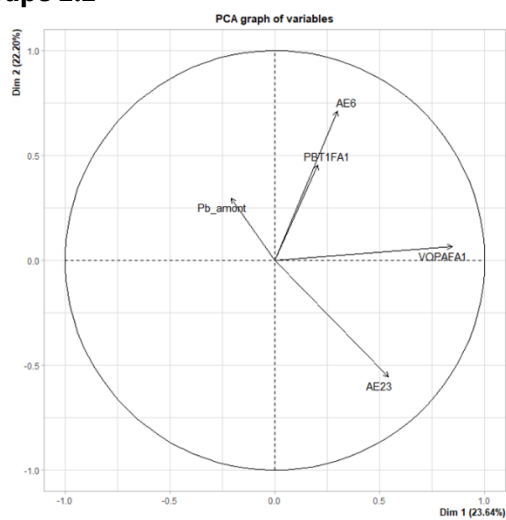
Groupe 1



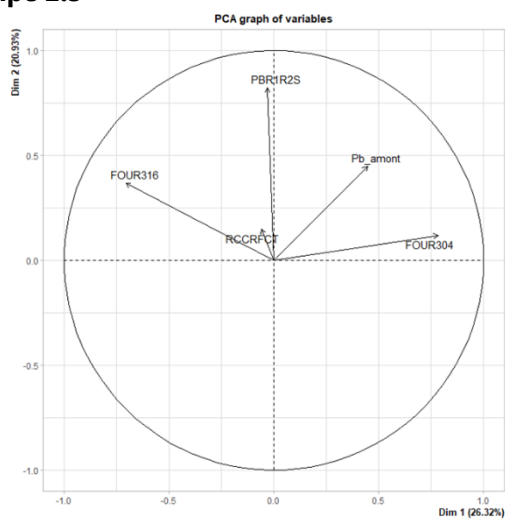
Groupe 2.1



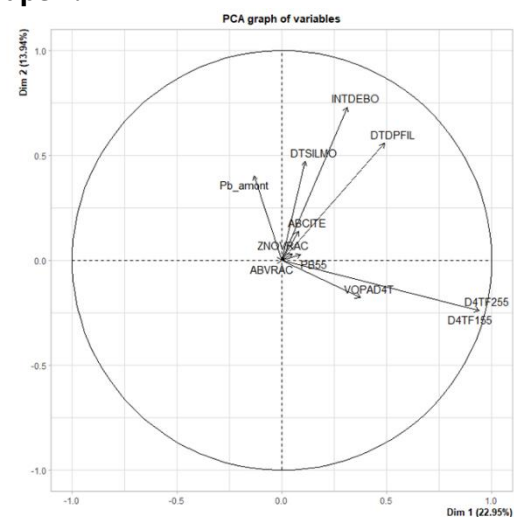
Groupe 2.2



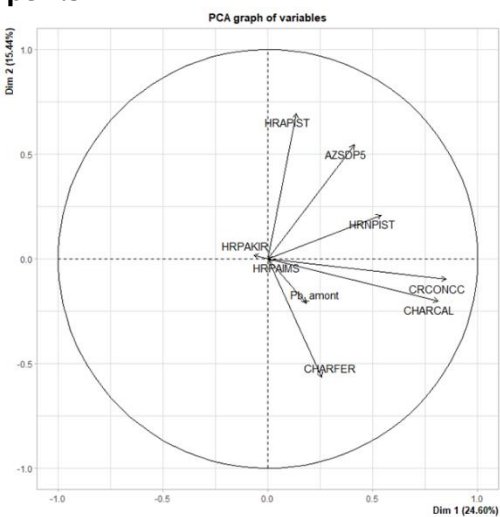
Groupe 2.3



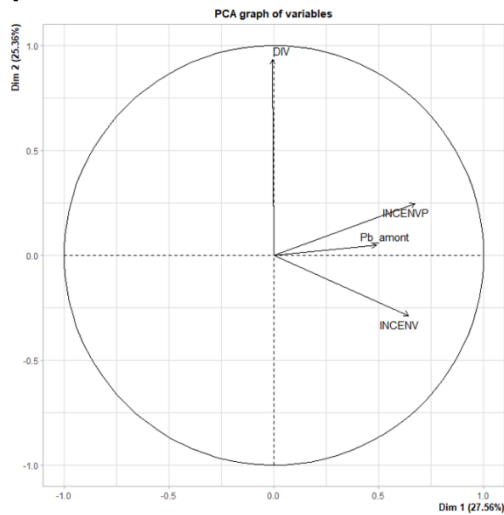
Groupe 2.4



Groupe 2.5



Groupe 2.6

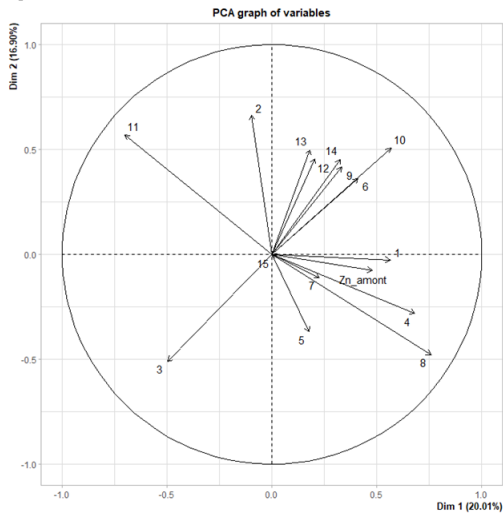


Commentaires

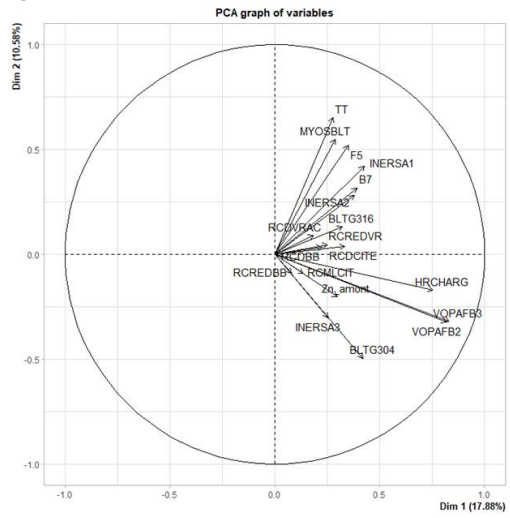
- **Pb moins bien intégré, gros traceur d'une plateforme voisine**
- **Groupe 1 :**
 - Pb proche : 1.1, 1.6, 1.10
- **Groupe 2.1 :**
 - Pb proche : INERSA3, BLTG304, RCMLCIT
- **Groupe 2.2 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.3 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.4 :**
 - Pb pas bien intégré
- **Groupe 2.5 :**
 - Pb proche : CHARFER, CHARCAL-CRCONCC
- **Groupe 2.6 :**
 - Pb proche : INCENVP

Zinc

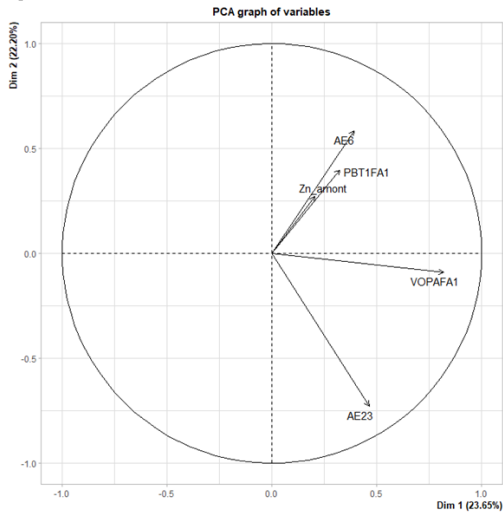
Groupe 1



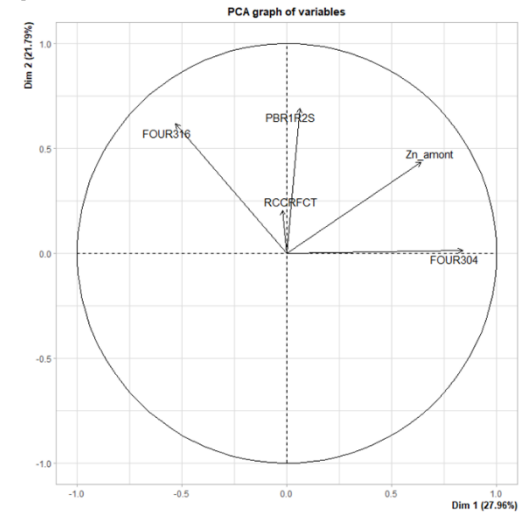
Groupe 2.1



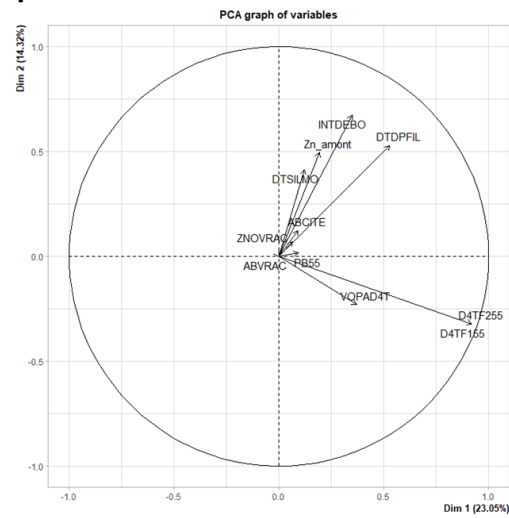
Groupe 2.2



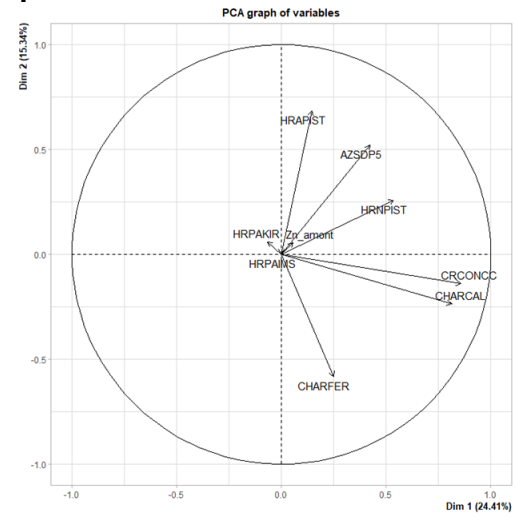
Groupe 2.3



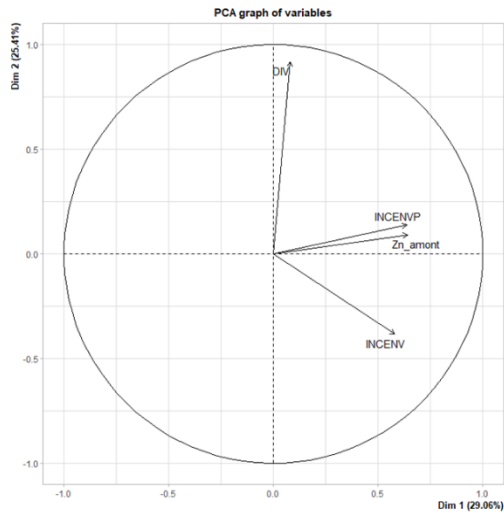
Groupe 2.4



Groupe 2.5



Groupe 2.6



Commentaires

- **Groupe 1 :**
 - Zn proche : 1.1, 1.4, 1.7, 1.8
- **Groupe 2.1 :**
 - Zn proche : RCMLCIT, VOPAFB3, VOPAFB2, INERSA3, BLTG304
- **Groupe 2.2 :**
 - Zn proche : AE6, PBT1FA1
- **Groupe 2.3 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.4 :**
 - Zn proche : INTDEBO, DTSILMO, DTDPFIL
- **Groupe 2.5 :**
 - Pas de corrélation directe
- **Groupe 2.6 :**
 - Zn proche : INCENVP

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-hdf.fr

Atmo Hauts-de-France

Observatoire de l'Air

199, rue Colbert – Bâtiment Douai

59000 Lille

