

Biosurveillance :

Evaluation de la qualité de l'air autour de l'Unité de Valorisation Énergétique de Montbéliard (25)

Campagne de prélèvement : juin 2024



Atmo Bourgogne-Franche-Comté est l'association agréée par le Ministère en charge de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Bourgogne-Franche-Comté. Elle a pour principales missions :

Décliner et mettre en œuvre la stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'État français. Cela consiste en grande partie à produire des données (mesures, données d'émissions et de modélisation) qui répondent aux attentes qualitatives et quantitatives de l'Union Européenne ;

Prévoir les pics de pollution et diffuser l'information et les recommandations sanitaires ;

Sensibiliser la population et les décideurs aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air ;

Réaliser des études prospectives dans le domaine de l'air (nouveaux polluants, nouvelles sources, nouvelles expositions...);

Réaliser des diagnostics et des prospectives pour aider à la décision à court, moyen et long terme ;

Accompagner les acteurs locaux pour atteindre le respect des normes en vigueur.

Conditions d'utilisation du rapport

La diffusion ou la réutilisation des données est libre dans les conditions suivantes :

Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Toute utilisation partielle ou totale doit faire référence à Atmo Bourgogne-Franche-Comté et au numéro du présent rapport ;

Le rapport ne sera pas forcément rediffusé en cas de modification ultérieure. En cas de remarques ou questions, prenez contact avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté ;

Sur demande, Atmo Bourgogne-Franche-Comté met à disposition les caractéristiques techniques des mesures et les méthodes d'exploitation des données.

Rédaction du rapport : Karine LEFEVRE, Chargée d'études

Validation du document : Anaïs DETOURNAY, Responsable service Etude

Crédit visuels : © Antoine Bardelli – Atmo BFC

Sommaire

Résumé.....	5
1. Méthodologie de l'étude.....	6
1.1. La biosurveillance par les bryophytes.....	6
1.2. Choix des sites de mesures.....	7
1.2.1. Méthodologie :.....	7
1.2.2. Environnement de l'UVE :.....	8
1.2.3. Les sites de prélèvements :.....	8
1.2.4. Méthodologie de prélèvement :.....	1
2. Eléments suivis et interprétation des résultats.....	2
2.1. Les éléments traces métalliques.....	2
2.1.1. Définition et origines.....	2
2.1.2. Impact des éléments traces métalliques sur la santé.....	2
2.2. Méthode d'interprétation des résultats.....	2
2.2.1. Le dispositif BRAMM.....	2
2.2.2. Valeurs de comparaison utilisées.....	3
3. Les résultats.....	4
3.1. Antimoine (Sb).....	5
3.1.1. Les résultats.....	5
3.1.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	5
3.2. Arsenic (As).....	6
3.2.1. Les résultats.....	6
3.2.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	7
3.3. Cadmium (Cd).....	7
3.3.1. Les résultats.....	7
3.3.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	8
3.4. Chrome (Cr).....	8
3.4.1. Les résultats.....	8
3.4.1. Comparaison par rapport à l'historique.....	9
3.5. Cobalt (Co).....	9
3.5.1. Les résultats.....	9

3.5.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	10
3.6. Cuivre (Cu).....	11
3.6.1. Les résultats	11
3.6.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	12
3.7. Manganèse (Mn).....	12
3.7.1. Les résultats	12
3.7.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	13
3.8. Mercure (Hg)	13
3.8.1. Les résultats	14
3.8.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	14
3.9. Nickel (Ni).....	15
3.9.1. Les résultats	15
3.9.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	15
3.10. Plomb (Pb).....	16
3.10.1. Les résultats	16
3.10.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	17
3.11. Thallium (Th).....	18
3.11.1. Les résultats 2023	18
3.12. Vanadium (V).....	18
3.12.1. Les résultats	18
3.12.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	19
3.13. Zinc (Zn)	19
3.13.1. Les résultats 2023	19
3.13.2. Comparaison par rapport à l'historique.....	20
Conclusion.....	21
Annexes.....	22

Résumé

L'Usine de Valorisation Energétique (UVE) des déchets de Montbéliard fait l'objet de différents suivis dans le cadre de son fonctionnement et en réponse aux arrêtés préfectoraux qui régissent son activité.

En complément de ces suivis, la ville de Montbéliard, partenaire d'Atmo-BFC a demandé qu'un suivi d'impact environnemental soit effectué aux abords du site. La méthode proposée est la surveillance à long terme des métaux lourds accumulés par les bryophytes terrestres (mousses). En effet, ces végétaux présentent la particularité d'absorber efficacement les composants de la matrice air, dont les métaux particuliers ou gazeux.

L'usine d'incinération se trouve en zone urbaine dense. De nombreuses activités industrielles sont présentes sur ce périmètre ; ainsi qu'un réseau routier important et très fréquenté en particulier l'A36. De ce fait, de nombreuses sources de polluants peuvent impacter les niveaux en métaux lourds observés dans les mousses.

Ce suivi est réalisé selon la norme NF EN 16414. Elle définit le plan d'échantillonnage et la méthodologie de prélèvements avec ces végétaux.

Les résultats obtenus dans ce suivi sont comparés à ceux observés dans le cadre du réseau BRAMM. Ce réseau national réalise, de longue date, le suivi des métaux lourds dans les bryophytes en zone dite de fond, sans exposition de source locale de pollution.

Pour cette campagne 2024, tous les métaux présentent des niveaux inférieurs à la valeur maximale nationale observée dans le dispositif BRAMM dédié à la surveillance des niveaux en fond rural.

L'analyse des teneurs sur différents sites depuis maintenant cinq ans permet de constater la présence de nombreuses sources sur le secteur d'étude.

Pour rappel, les niveaux observés ne permettent pas de juger de la toxicité des éléments traces métalliques sur la santé et l'environnement. Ils révèlent simplement leur accumulation dans l'environnement.

1. Méthodologie de l'étude

1.1. La biosurveillance par les bryophytes

De nombreux végétaux peuvent être utilisés pour la biosurveillance de la qualité de l'air, soit parce qu'ils présentent des réactions biologiques caractéristiques en réponse à certains polluants, soit parce qu'ils accumulent dans leurs tissus, certains des composés toxiques qui se retrouvent dans l'air.

Différentes approches sont possibles et synthétisées dans le tableau ci-après. Ces approches peuvent être de 2 types : passives, par l'utilisation des végétaux présents ; ou actives par l'implantation de végétaux.

Tableau 1 : Présentation des concepts de la biosurveillance

Concept	Type d'approche
Bioindication	Observation de l'état physique d'un indicateur
Biointégration	Analyse de la présence ou l'absence d'un indicateur, au sein de son milieu
Bioaccumulation	Analyse de la concentration en contaminants accumulés

L'utilisation des mousses a été retenue pour plusieurs raisons :

- L'existence d'une norme pour la récolte et la préparation des échantillons,
- La capacité de ce végétal à accumuler les polluants,
- L'existence d'un référentiel européen permettant de comparer les niveaux observés à des valeurs de références régionales et locales.

Les mousses ont un grand intérêt pour les études par bioaccumulation. En effet, elles ont une forte capacité d'accumulation des métaux. **Dépourvues de système vasculaire et de racines, elles absorbent l'eau et les éléments nutritifs passivement, via toute la surface de la plante. L'absence de cuticule permet également d'accroître la capacité d'échange direct avec le milieu extérieur.**

Leur paroi cellulaire, très riche en composés anioniques (chargé négativement), augmente encore la capacité d'absorption des cations métalliques. De plus les mousses forment des populations importantes, stables et pérennes facilement utilisables.

Cette étude a été réalisée en respectant la norme européenne NF EN 16414 du 26 mars 2014. Celle-ci décrit de manière précise le protocole à respecter du prélèvement des mousses sur le terrain jusqu'à leur préparation finale avant l'analyse des contaminants ciblés.



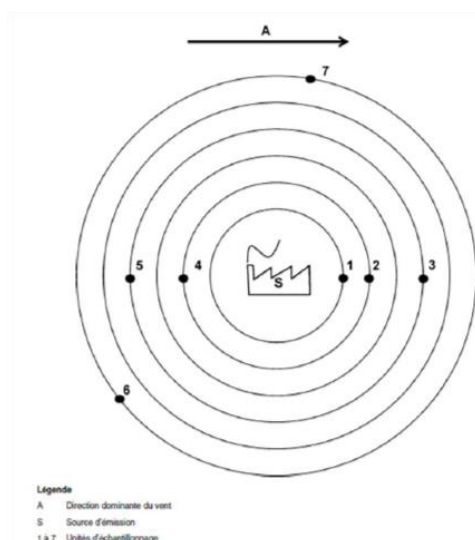
La méthode de biosurveillance passive permet également d'évaluer l'impact d'un incident ou d'un dysfonctionnement sur son environnement.

1.2. Choix des sites de mesures

Cette année, 9 prélèvements ont été réalisés et confiés au laboratoire micropolluants technologie S.A basé à Saint Julien les Metz pour analyse.

1.2.1.Méthodologie :

Le plan d'échantillonnage a été réalisé selon la norme NF EN 16414 : les sites ont été distribués le long d'un transect passant par la source d'émission, et disposé dans l'axe des vents synoptiques observés au cours de l'année écoulée.



Les unités d'échantillonnages sont mises à des distances croissantes de la source d'émissions pour observer un potentiel gradient de dépôt (sites 1, 2, 3, et 9, ajouté en 2021) et sites (4 et 5). Des unités d'échantillonnages supplémentaires implantées dans des zones de moindre vent sont également déterminées (sites 6 et 7) afin d'évaluer d'autres sources éventuelles de pollution.

Enfin un site supplémentaire, présentant les mêmes conditions climatiques et environnementales est défini reflétant le niveau de fond régional et non influencé par la source d'émission (8).

Figure 1 : Stratégie d'échantillonnage autour du site industriel selon la norme NF EN 16414

La rose des vents issue des données Météo France de la station de Dorans (la plus proche de la zone d'étude) suit un axe Est-Ouest.

La période considérée pour l'analyse des vents est étendue de juin 2023 (date du dernier prélèvement effectué) à juillet 2024 (date de la nouvelle série de prélèvement), de façon à présenter une rose de vent représentative de la situation annuelle, et couvrant la période de prélèvement des mousses.

Entre juin 2023 et juillet 2024, les vents provenaient principalement de la direction Sud-Ouest (230 à 290°), pour près de 50% des occurrences et de secteur Nord-Est (40 à 120°) pour près de 29% des occurrences.

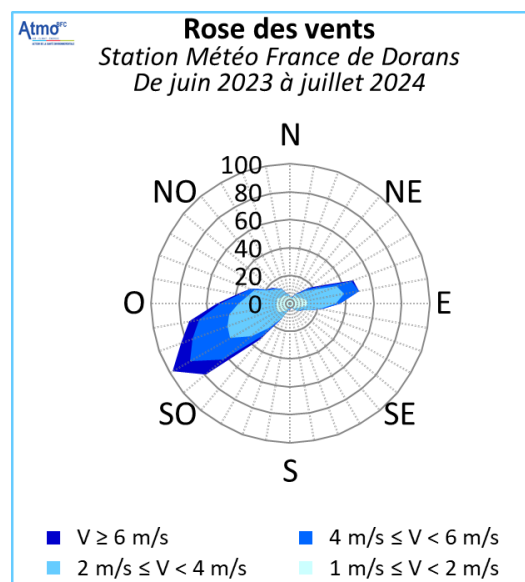


Figure 2 : Rose des vents de la zone d'étude - année 2023-2024

Pour 2024, les sites à l'Est de l'incinérateur, soit les sites 1, 2 et 3 ont été les sites les plus exposés aux émissions de l'UVE.

1.2.2. Environnement de l'UVE :

L'UVE implantée sur la commune de Montbéliard se trouve en zone urbaine et dense. De nombreuses activités artisanales, commerciales et industrielles (zone industrielle de Sochaux) sont présentes sur la zone d'étude. On observe également sur ce secteur un réseau routier important, en particulier l'autoroute A36, très fréquentée.



L'incinérateur étant situé en zone dense et urbaine, la majorité des sites de prélèvement des mousses se trouve sous différentes influences (incinérateur, zones industrielles, activités artisanales, autoroute...).

1.2.3. Les sites de prélèvements :

- **Positionnement des sites :**

La stratégie de mesure adoptée pour l'année 2024, et tenant compte des éléments précédemment décrits, a impliqué 9 sites de prélèvement des mousses.

Le détail des sites est présenté en annexe 1.

Le récapitulatif des sites ainsi que leur cartographie sont quant à eux présentés ci-après.

Tableau 2 : Présentation des sites de prélèvements

Site	Adresse - Commune	Distance par rapport à l'usine	Commentaire
Site 1	Montbéliard	140 m Nord Est	Proximité UVE
Site 2	Promenade Rêverie - Sochaux	1,9 km	Sous vents dominants Proximité zone industrielle
Site 3	Rue de l'églantine - Sochaux	2,5 km- Nord Est	Sous vents dominants
Site 4	Rue Armand Bloch- Montbéliard	650 m – Sud-Ouest	Autre vents dominants Proximité zone trafic
Site 5	Rue des Vignottes - Arbouans	1,6 km – Sud-Ouest	Autres vents dominants Zone péri urbaine
Site 6	Arboretum Alexandre Ribot- Montbéliard	2,8 km	Hors vents dominants Zone urbaine
Site 7	Avenue de la Mairie - Exincourt	1,3km	Hors vents dominants Zone urbaine
Site 8	Saint Julien les Montbéliard	7,8 km	Zone rurale de fond
Site 9	Rue du canal-Exincourt	1 km	Sous vents dominants

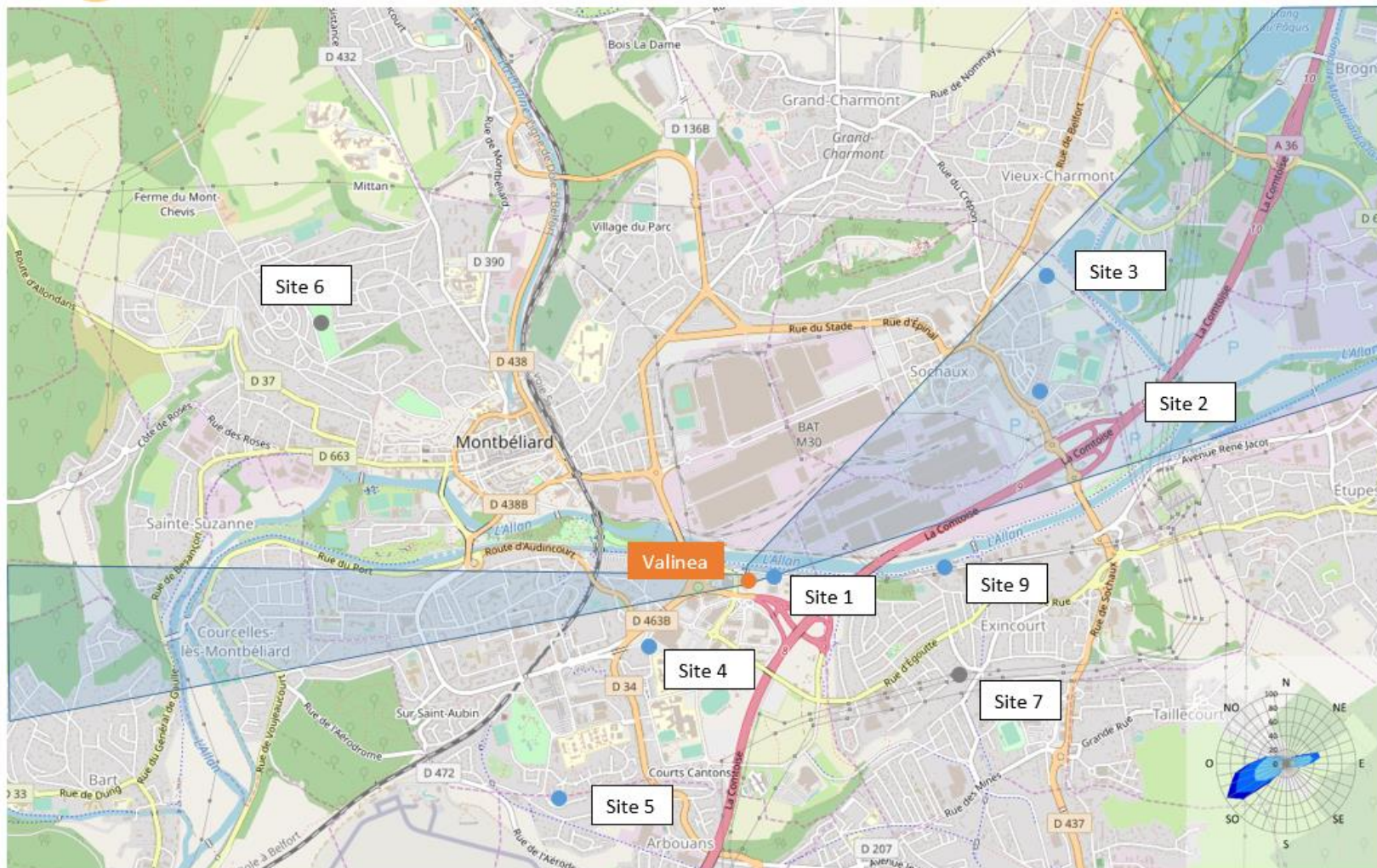


Figure 3 : Localisation des sites de prélèvements autour du site industriel

- **Historique de suivi et évolution de la stratégie spatiale :**

En 2020, le site 2, « rue du Capitaine Thevenot » à Sochaux, a été déplacé « Promenade de la rêverie », pour limiter l'influence de la zone industrielle des usines PSA proche du site de prélèvement, tout en restant sous les vents de l'UVE.

En 2020, les prélèvements collectés au niveau du **site 7** ont été contaminés lors du transport, de sorte que les données ont été invalidées.

En 2021, un nouveau site (site 9) a été installé sous les vents dominants, entre le site 1 à proximité de l'incinérateur (150 à 175 m) et le site 2, « promenade de la rêverie » à 1,9 km. Ce nouveau site, installé le long du canal à 1 km de l'incinérateur, permettra d'évaluer plus finement le gradient de dépôt éventuel.

En 2022, le site 1, proche de l'UVE a été déplacé pour limiter l'éventuelle influence de la ligne à haute tension et de l'autoroute. Le prélèvement a été réalisé le long de la piste cyclable. Il conserve la même typologie.

En 2024, le site 1 proche de l'UVE a été déplacé. Situé le long de la piste cyclable, celle-ci était en travaux lors de la campagne de prélèvement et inaccessible. Le prélèvement a été réalisé devant l'établissement Franche Comté salaison, rue Frédéric Japy, à 140 m de la cheminée de l'UVE.

1.2.4. Méthodologie de prélèvement :

Les mousses ont été prélevées selon les préconisations de la norme NF EN 1614. La collecte s'est déroulée en milieu ouvert, le 19 et le 20 juin 2024 lors de conditions météorologiques alternant soleil et averses orageuses.

Pour chaque site, 8 à 10 points sont prélevés afin de limiter les effets de la variabilité locale puis mélangés pour obtenir un échantillon représentatif du site dans son ensemble. Les échantillons sont ensuite séchés à température ambiante, puis nettoyés brin par brin à la pince brucelles pour ôter tout élément indésirable et ne conserver que la partie exploitable de la fibre, avant envoi pour analyse au laboratoire.

Lors de cette campagne, comme lors des campagnes précédentes, l'espèce *Hypnum cupressiforme*, très présente sur le secteur, a été retenue pour la majorité des sites excepté le site 5 où l'espèce *Pseudoscleropodium purum* a été prélevée.



2. Eléments suivis et interprétation des résultats

2.1. Les éléments traces métalliques

2.1.1. Définition et origines

Le terme « Eléments Traces Métalliques » (E.T.M.) désigne les métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement. Dans l'air, ces métaux lourds sont en général agrégés au niveau des particules - à l'exception du mercure, principalement gazeux.

Dans le milieu naturel, certains métaux sont assez abondants dans la croûte terrestre. L'activité volcanique, les poussières d'érosion ou encore les feux de végétation contribuent à l'introduction de ces E.T.M. naturels dans l'atmosphère. Les sources principales restent liées à l'activité anthropique, et proviennent essentiellement du secteur industriel : fonderie, métallurgie, combustion des combustibles fossiles, incinération des déchets...

L'émission au niveau national des principaux métaux lourds par secteur est présentée en annexe 2.

2.1.2. Impact des éléments traces métalliques sur la santé

L'action des éléments traces métalliques sur la santé est le plus souvent lente et principalement liée à des phénomènes d'accumulation perturbant le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires et cardio-vasculaires. Dans l'environnement les métaux toxiques contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent tout au long de la chaîne alimentaire, perturbant les équilibres et mécanismes biologiques.

Une présentation détaillée des principaux métaux toxiques et de leurs effets sur la santé et l'environnement figure en annexe 3.

Il n'existe pas de réglementation sur les niveaux en E.T.M. contenus dans les bryophytes.

2.2. Méthode d'interprétation des résultats

2.2.1. Le dispositif BRAMM

Le dispositif BRAMM (Biosurveillance des Retombées Atmosphériques Métalliques par les Mousses) est la participation française au programme européen de suivi des métaux dans les mousses. Reconduit tous les 5 ans, ce programme européen porte sur environ 6000 sites de prélèvements répartis dans 28 pays européens. 13 éléments sont suivis (métaux, azote, composés organiques).

Les sites de collecte sont choisis pour être représentatifs d'une pollution de fond, c'est-à-dire sans influence d'une source locale de pollution.

Ce réseau BRAMM permet d'obtenir une représentation cartographique des dépôts atmosphériques sur l'ensemble du territoire et de surveiller leur évolution sur le long terme. Ainsi, lors de la dernière campagne BRAMM en 2016, 445 sites ont été prélevés. Les résultats

nous fournissent des valeurs de comparaisons pour les données collectées dans le cadre de notre étude.

2.2.2. Valeurs de comparaison utilisées

Les résultats obtenus lors des différentes campagnes ont été comparés aux statistiques de la dernière campagne du dispositif BRAMM, réalisée en 2016.

Plus précisément, ils ont été comparés, pour chaque élément trace métallique à :

- La médiane nationale du dispositif BRAMM ;
- La valeur maximale observée lors de cette campagne nationale ;
- Le seuil d'atypicité haut défini par le protocole BRAMM.

Ce seuil correspond à toute valeur qui diffère de façon significative de la tendance globale des autres observations. Il est défini selon la formule :

$$\text{Seuil atypique haut} = \text{percentile 75} + 1,5 (\text{percentile 75} - \text{percentile 25})$$

Toute valeur supérieure à ce seuil est définie comme significativement plus élevée que la normale dans le cadre du dispositif BRAMM.

La méthode de biosurveillance utilisée permet d'évaluer l'accumulation des polluants dans le compartiment vivant. Elle ne donne pas d'information sur la toxicité de l'éléments pour la santé humaine ou pour l'environnement.



Compte tenu du secteur d'études, fortement urbanisé et industrialisé, il est normal que les niveaux observés dans le cadre de ce programme soient supérieurs à ceux du dispositif BRAMM, situé en zone rurale sans source de pollution locale.

3. Les résultats

Rappel

Limite de détection (LD) : valeur tellement faible que l'appareil de laboratoire peut confirmer la présence sans pour autant donner une concentration précise.

Limite de quantification (LQ) : Valeur en dessous de laquelle l'incertitude de mesure n'est plus acceptable, de sorte qu'il est impossible de définir de manière précise la quantité de matière présente, même si celle-ci est détectée.

La limite de quantification est toujours supérieure à la limite de détection

Pour chaque métal sont présentés tout d'abord les résultats 2024 observés sur les différents sites. Une comparaison à l'historique des 5 dernières années est ensuite détaillée. La moyenne historique a, dans chaque cas, été calculée à partir des concentrations des 5 années précédentes (2019-2023). La référence urbaine correspond à la moyenne des sites 6 et 7 (non exposés aux émissions de l'UVE).

3.1. Antimoine (Sb)

Sources anthropiques principales : industrie des métaux ferreux et non ferreux, combustion du charbon et des ordures ménagères, procédés de traitement de surface, peintures, vernis, usure des plaquettes de freins liés au transport routier.

3.1.1. Les résultats

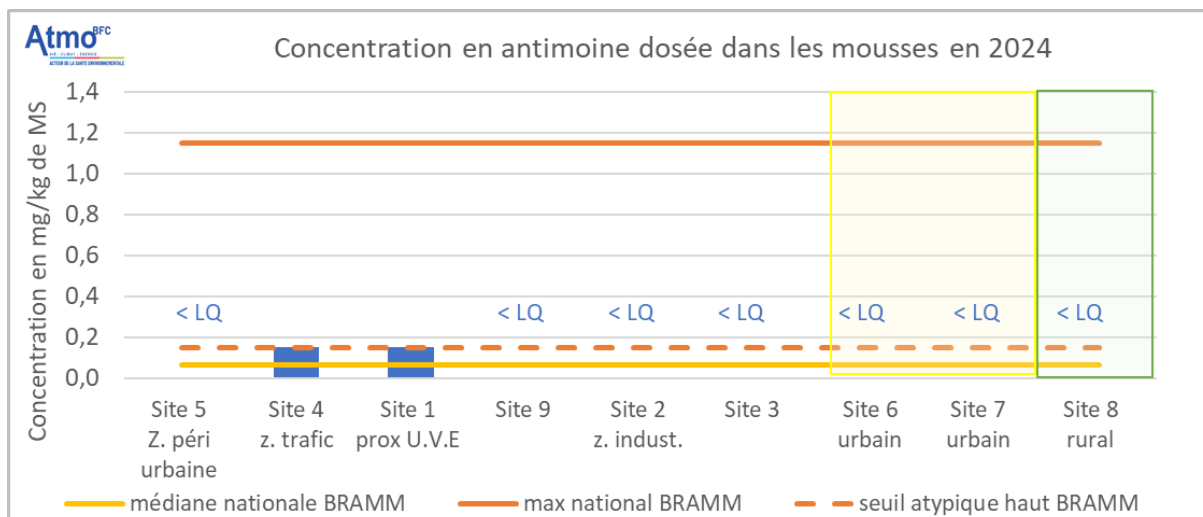


Figure 4 : Concentrations en antimoine (Sb) sur les différents sites

Pour l'antimoine, tous les sites, présentent des niveaux inférieurs au niveau maximal du dispositif BRAMM. Les niveaux quantifiés restent supérieurs à la médiane nationale et comparables au seuil atypique du réseau BRAMM.

L'antimoine a été quantifié sur 2 sites : le site 1 proche de l'UVE, le site 4 proche de l'UVE et sous influence trafic. Tous les autres sites présentent des niveaux si faibles qu'ils n'ont pas pu être mesurés de manière précise par les appareils du laboratoire. **Avec un niveau à 0,15 mg/kg de MS, le maximum reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM établi à 1,2 mg/kg de MS référant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locales.**

3.1.2. Comparaison par rapport à l'historique

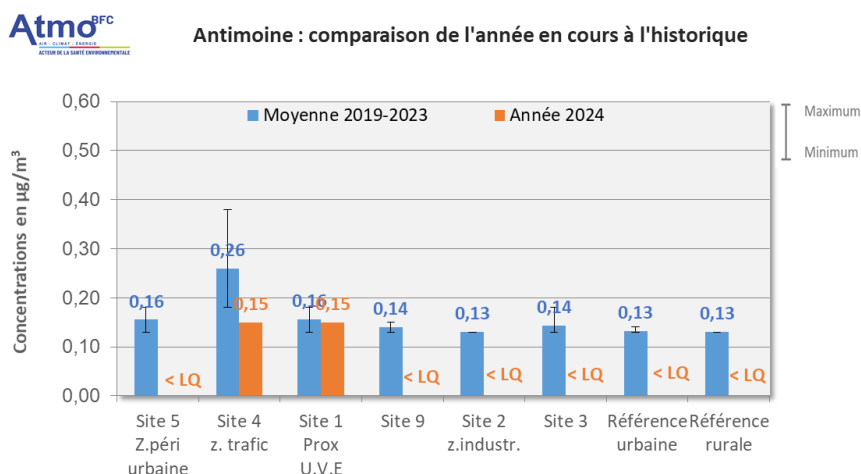


Figure 5 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

L'année 2024 enregistre des niveaux plus faibles que l'historique, et ce quel que soit le site prélevé. Les niveaux sont relativement stables d'une année sur l'autre. Le site 4 également en zone trafic, présente les variations les plus fortes d'une année à l'autre et des niveaux moyens plus élevés que le site à proximité de l'UVE.

3.2. Arsenic (As)

Sources anthropiques principales : usure des routes, abrasion des pneus, présence dans le fioul, le bois énergie, les carburants ainsi que dans la production de métal ferreux et non ferreux.

3.2.1. Les résultats

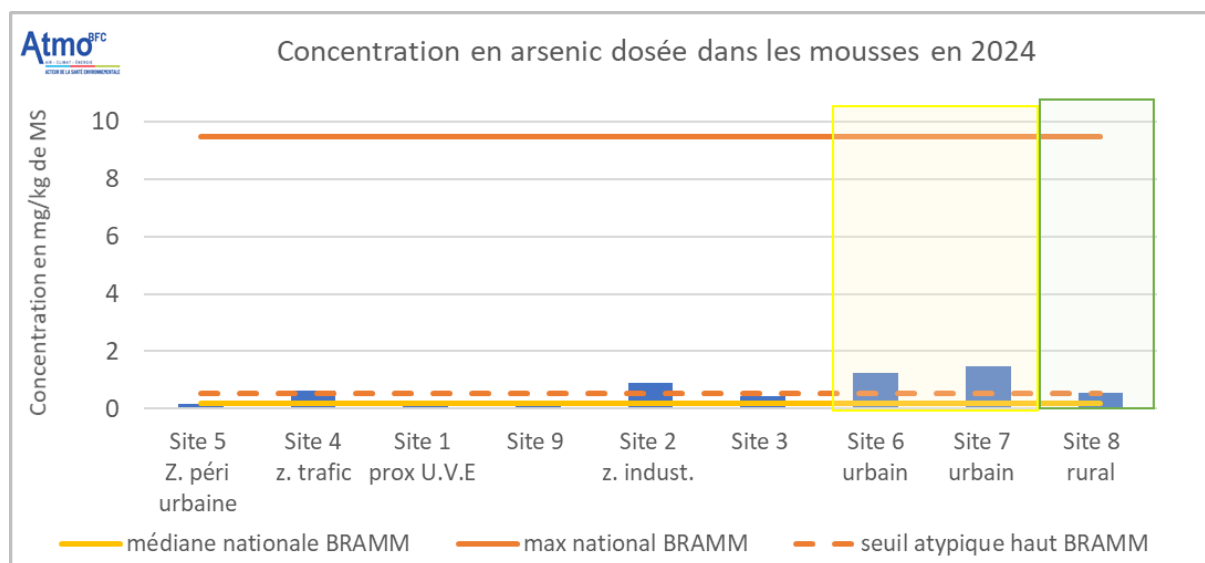


Figure 6 : Concentrations en arsenic (As) sur les différents sites

Pour l'arsenic, tous les sites, présentent des niveaux inférieurs au niveau maximal du dispositif BRAMM. Les niveaux enregistrés restent cependant supérieurs à la médiane nationale quelle que soit leur typologie (urbaine ou rurale). Les deux sites urbains non influencés par l'incinérateur présentent cette année les niveaux les plus élevés, avec le maximum à 1,47 mg/kg de MS pour le site 7. Le niveau le plus faible est observé sur le site 5, en zone périurbaine, avec 0,15 mg/kg de MS.

Avec une valeur de 1,47 mg/kg de MS, le niveau maximal observé reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM, établi à 9,5 mg/kg de MS, et référant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locales.

3.2.2. Comparaison par rapport à l'historique

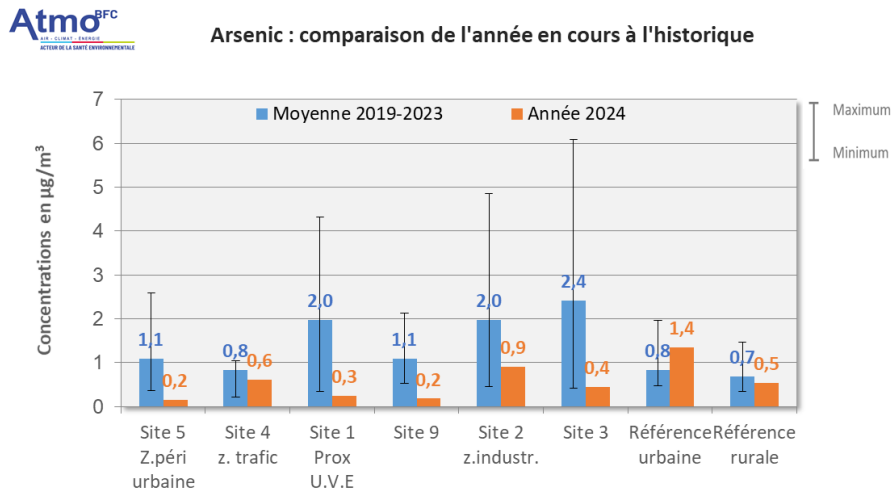


Figure 7 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024 enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine qui présente cette année une concentration supérieure à la moyenne historique. On observe une variation significative des concentrations entre les années. **Les niveaux les plus élevés sont observés sur le site 3, le site le plus éloigné de l'UVE, témoignant de la présence d'autres sources sur la zone d'étude pour cet élément.** La concentration moyenne la plus faible est observée en zone rurale.

3.3. Cadmium (Cd)

Sources anthropiques principales : combustion de combustibles fossiles et biomasse, incinération des déchets, métallurgie des métaux non ferreux.

3.3.1. Les résultats

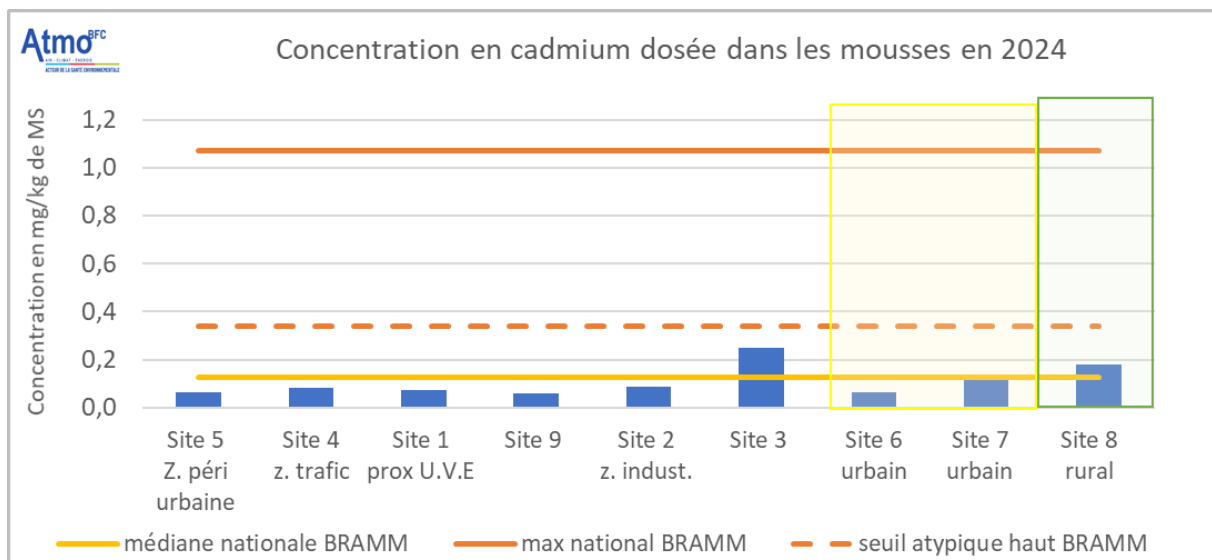


Figure 8 : Concentrations en cadmium (Cd) sur les différents sites

L'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au seuil atypique ainsi qu'à la concentration maximale de la campagne 2016 du dispositif BRAMM.

Comme l'année précédente, le niveau le plus élevé est observé sur le site 3, distant de plus de 2,5 km de l'incinérateur, suivi du site rural. Les autres sites présentent des niveaux plus faibles.

Avec un niveau à 0,25 mg/kg de MS, le maximal reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM établi à 1,07 mg/kg de MS référçant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locale.

3.3.2. Comparaison par rapport à l'historique

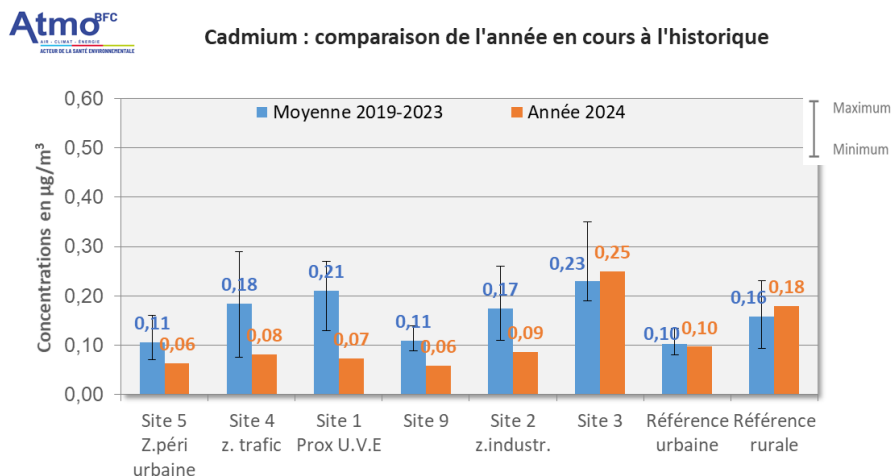


Figure 9 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles sur la majorité des sites, excepté le site 3 et le site de référence rurale. Pour ces 2 sites, les niveaux sont comparables à la moyenne historique. **Le site en zone rurale ne présente pas le niveau le plus faible, témoignant de différentes sources possibles pour cet élément trace.**

3.4. Chrome (Cr)

Sources anthropiques principales : fonderie de fonte, combustion de combustibles fossiles, fioul, biomasse, carburants, production de verre.

3.4.1. Les résultats

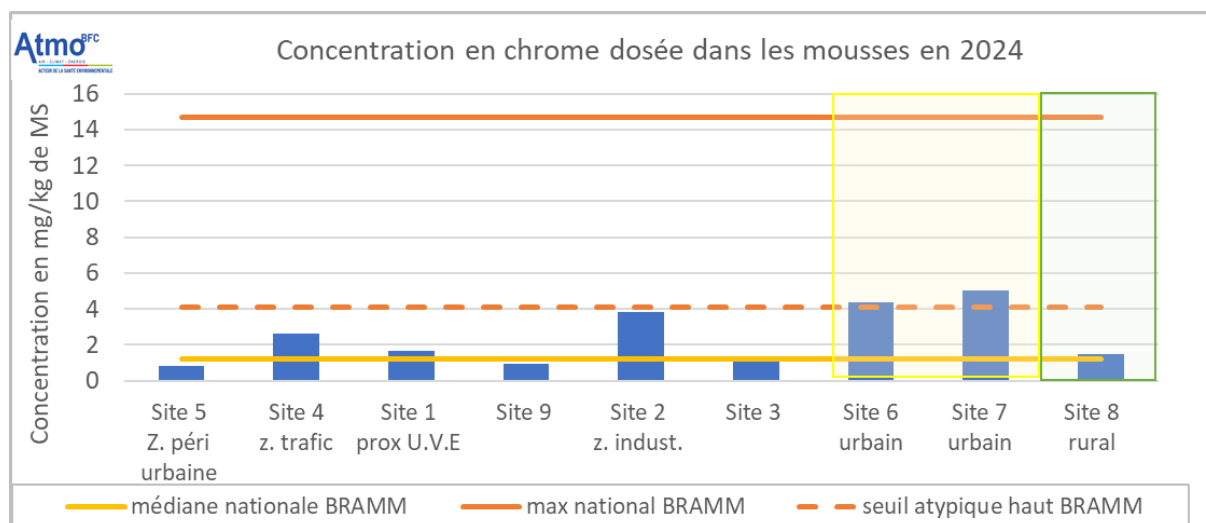


Figure 10 : Concentrations en chrome (Cr) sur les différents sites

L'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au maximal national du dispositif BRAMM, et supérieurs à la médiane nationale.

Les niveaux les plus élevés sont observés sur les sites urbains non influencés par l'incinérateur. Avec 5,03 mg/kg de MS le site 7, présente le niveau maximal. Le niveau le plus faible est enregistré sur le site 5 en zone périurbaine. **Les niveaux observés sur les différents sites montrent la présence de multiples sources sur le secteur pour ce métal.**

A noter : selon le réseau BRAMM, une partie des concentrations les plus élevées, observées dans le dispositif pour ce métal, sont localisées en ex Franche-Comté – ce qui montre des niveaux hauts pour ce métal dans les sols de la région.

Avec un niveau à 5,03 mg/kg de MS, le maximal relevé au cours de la campagne reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM établi à 14,7 mg/kg de MS, et référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locale.

3.4.1. Comparaison par rapport à l'historique

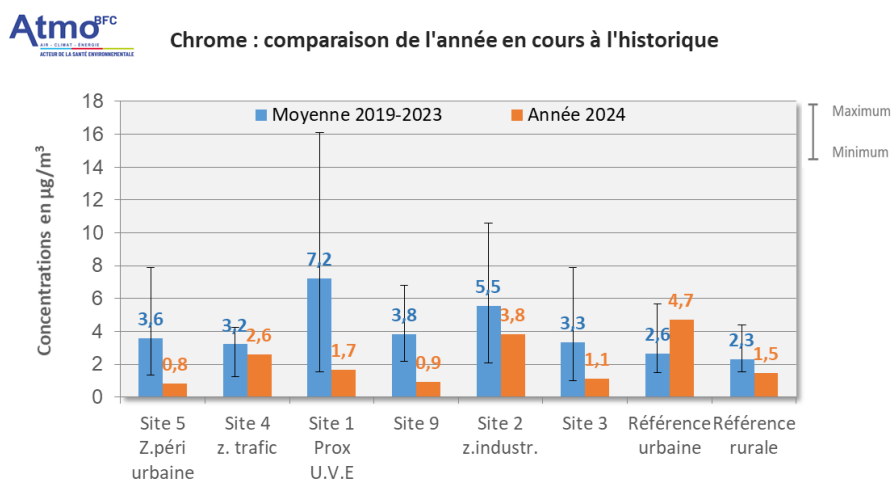


Figure 11 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024 enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine qui présente cette année le niveau maximal et supérieur à sa moyenne historique. La moyenne la plus élevée est observée sur le site 1 proche de l'UVE avec une variation significative des concentrations entre les années. **Les niveaux observés sur les différents sites montrent la présence de multiples sources sur le secteur pour ce métal.** La concentration moyenne la plus faible est observée en zone rurale.

3.5. Cobalt (Co)

3.5.1. Les résultats

Sources anthropiques principales : combustion des centrales thermiques, incinérateur, combustion thermique des véhicules

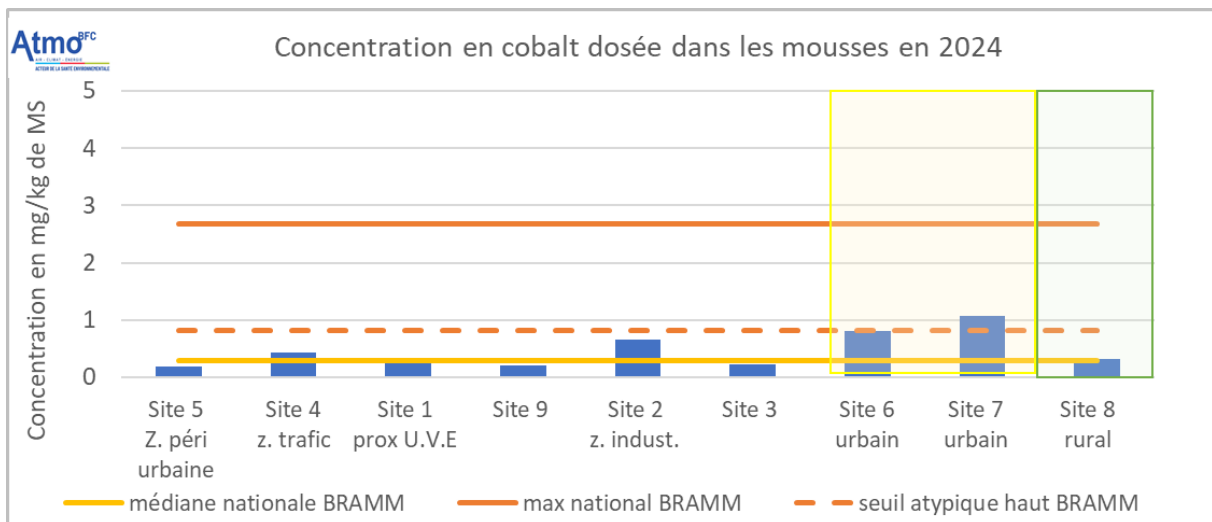


Figure 12 : Concentrations en cobalt (Co) sur les différents sites

Pour le cobalt, l'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au niveau maximal du dispositif BRAMM. Excepté le site 7, l'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au seuil atypique haut du dispositif BRAMM.

Le niveau le plus élevé est observé sur le site 7, en zone urbaine non influencée par l'incinérateur.

Selon le rapport du réseau BRAMM, une partie des concentrations les plus élevées pour ce métal sont observées en ex Franche-Comté – ce qui montre des niveaux hauts pour ce métal dans les sols de la région.

Avec un maximum à 1,07 mg/kg de MS, le maximal reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM, établi à 2,68 mg/kg de MS et référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locales.

3.5.2. Comparaison par rapport à l'historique

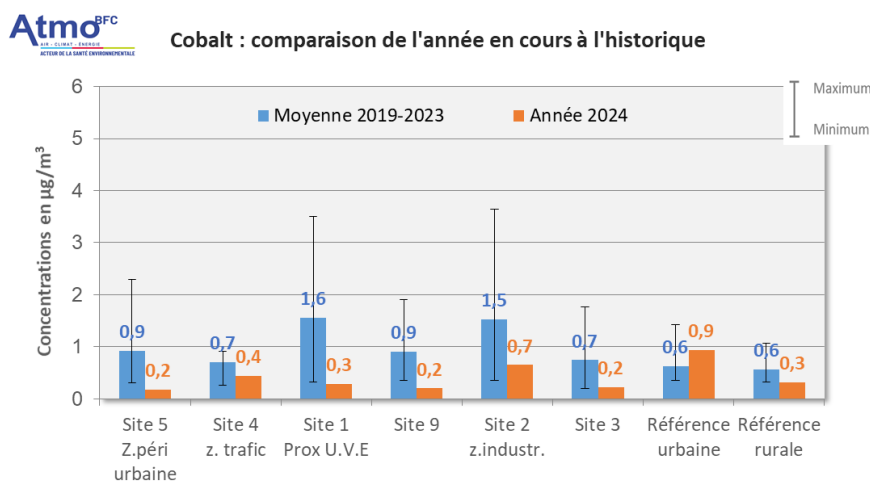


Figure 13 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024 enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine. On observe une variation significative des concentrations entre les années. **Les moyennes les plus élevées sont observées sur le site 1, proche de l'UVE et sur**

le site 2 installé en zone industrielle, témoignant de l'existence de plusieurs sources sur la zone d'étude.

3.6. Cuivre (Cu)

Sources anthropiques principales : Les transports routiers et ferroviaires, avec 92% des émissions sont les secteurs contribuant majoritairement aux émissions de cuivre (usure des plaquettes de frein, des caténaires...).

3.6.1. Les résultats

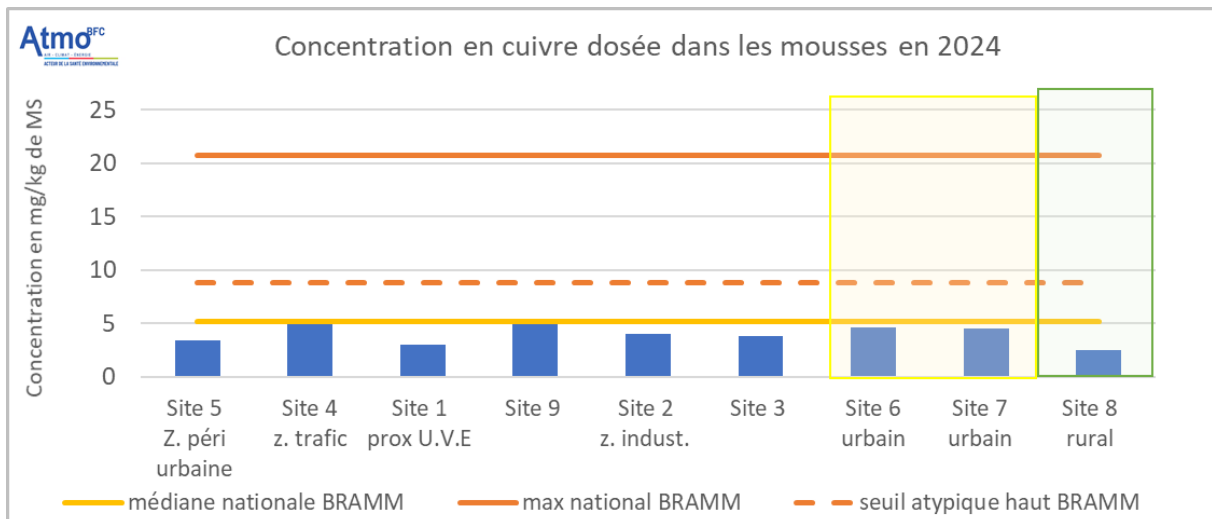


Figure 14 : Concentrations en cuivre (Cu) sur les différents sites

Pour le cuivre, tous les sites présentent des niveaux inférieurs au maximal national et au seuil atypique haut du dispositif BRAMM.

Le niveau le plus élevé est observé sur le site 4, distant de 650 m de l'incinérateur, en zone trafic. Le niveau minimal est observé sur le site 8, en zone rurale.

Par ailleurs, des niveaux sensiblement supérieurs aux valeurs nationales ont été observés en ex Franche-Comté, dans le cadre de la dernière campagne nationale du dispositif BRAMM – ce qui montre des niveaux hauts pour ce métal dans les sols de la région.

Avec un niveau à 5,3 mg/kg de MS, le maximal observé au cours de cette campagne reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM, établi à 20,8 mg/kg de MS et référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locale.

3.6.2. Comparaison par rapport à l'historique

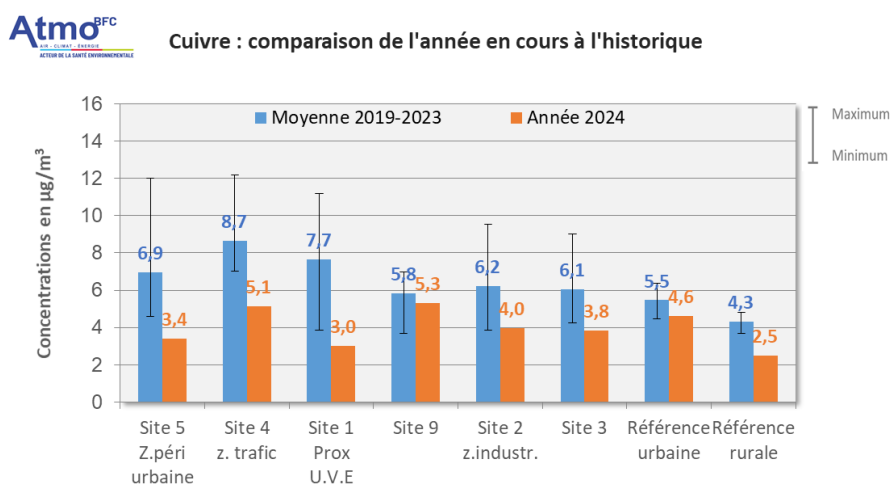


Figure 15 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, et ce quel que soit le site prélevé. On observe une variation significative des concentrations entre les années. La moyenne la plus élevée est observée sur le site 4, situé en zone trafic. Le site situé en zone rurale présente le niveau le plus faible. **Les moyennes observées témoignent de la présence de nombreuses sources en milieu urbain.**

3.7. Manganèse (Mn)

3.7.1. Les résultats

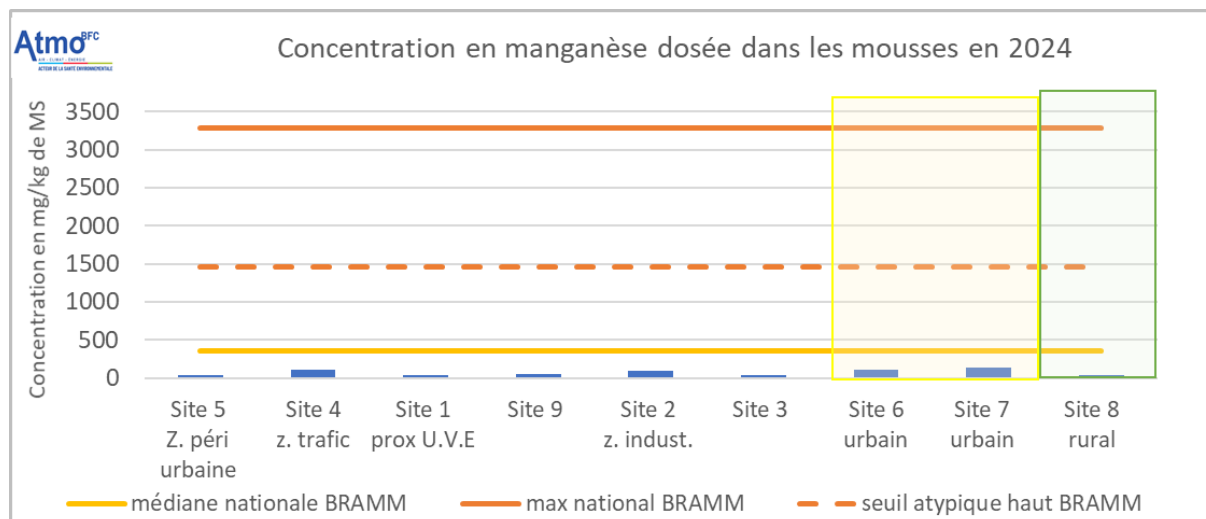


Figure 16 : Concentrations en manganèse (Mn) sur les différents sites

L'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs à la médiane nationale, au seuil atypique haut et au maximum national du dispositif BRAMM.

Le niveau maximal est observé sur le site 6, en zone urbaine non influencée par l'incinérateur, avec 131 mg/kg de MS. Le niveau le plus faible est observé sur le site 5, en zone périurbaine à 1,6 km de l'incinérateur avec près de 29 mg/kg de MS

Les niveaux observés sur le secteur d'étude sont largement inférieurs au maximum national, établi à 3280 mg/kg de MS référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locale.

3.7.2. Comparaison par rapport à l'historique

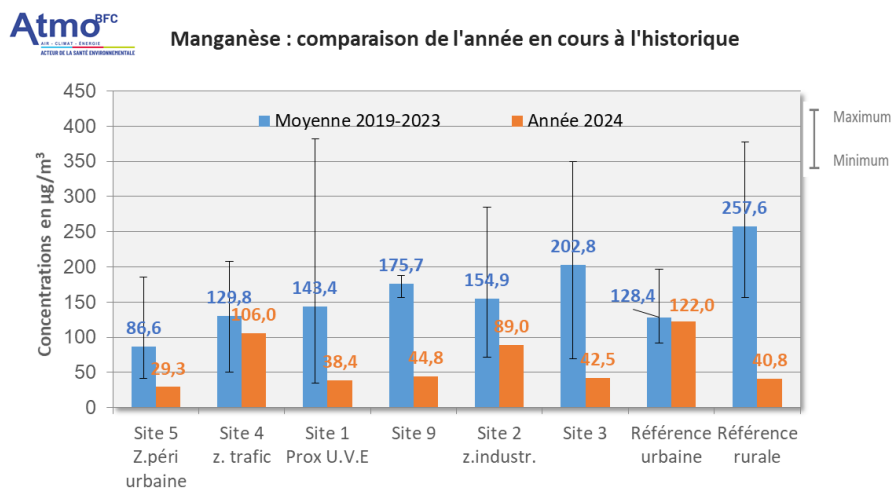


Figure 17 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, et ce quel que soit le site prélevé. Toutefois, avec 122 mg/kg de MS, la référence urbaine présente pour cette année une valeur proche de la moyenne historique établit à 128 mg/kg de MS. On observe une variation significative des teneurs entre les années. La moyenne la plus élevée est observée sur le site de référence rurale.

Sur le secteur d'étude le site 3, le site le plus éloigné de l'UVE, présente le niveau le plus élevé, témoignant de l'existence d'autres sources sur la zone d'étude, pour cet élément.

3.8. Mercure (Hg)

Sources anthropiques principales : Combustion de minéraux, de biomasse, production de chlore, production d'acier, crémation

3.8.1. Les résultats

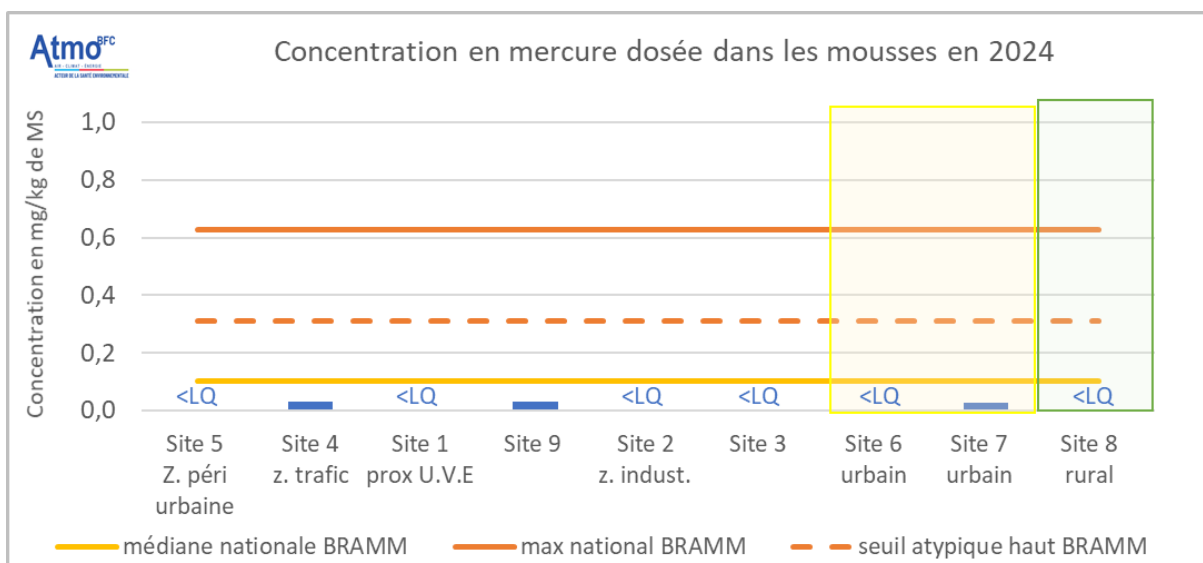


Figure 18 : Concentration en mercure (Hg) sur les différents sites

Pour le mercure, tous les sites présentent des niveaux inférieurs à la médiane nationale, au seuil atypique haut et au maximum national du dispositif BRAMM.

Les niveaux sont faibles sur l'ensemble des sites de l'étude. Avec 0,03 mg/kg de MS, les niveaux quantifiés sont proches de la limite de quantification fixé à 0,025 mg/kg de MS.

Avec un niveau à 0,03 mg/kg de MS, le maximal reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM établi à 0,629 mg/kg de MS et référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locales.

3.8.2. Comparaison par rapport à l'historique

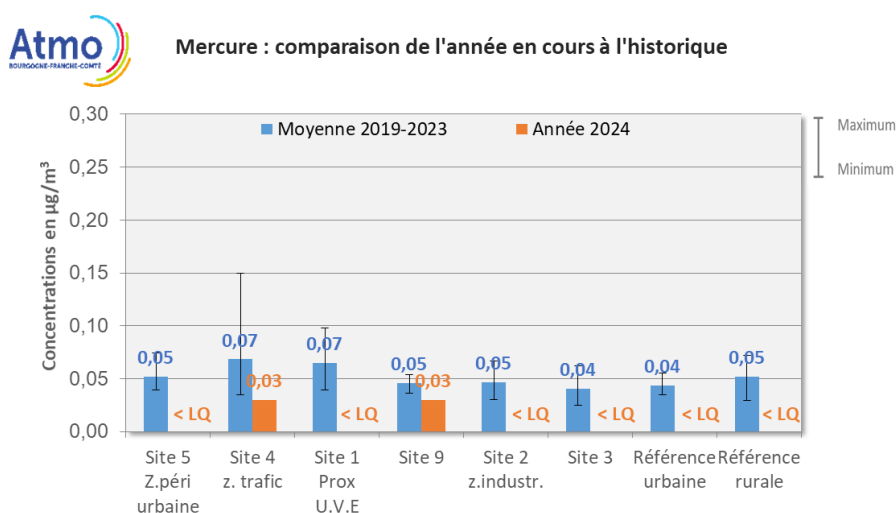


Figure 19 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, et ce, quel que soit le site prélevé. La moyenne historique la plus élevée est observée sur les sites 4 et 1 proches de l'incinérateur et en zone trafic. Toutefois, les niveaux restent proches de ceux

observés sur les autres sites. D'une manière générale, les résultats sont faibles et relativement stables d'une année sur l'autre.

3.9. Nickel (Ni)

Sources anthropiques principales : Combustion fioul lourd et autres produits pétroliers, raffinage du pétrole, sidérurgie, abrasion des routes et usure des freins.

3.9.1. Les résultats

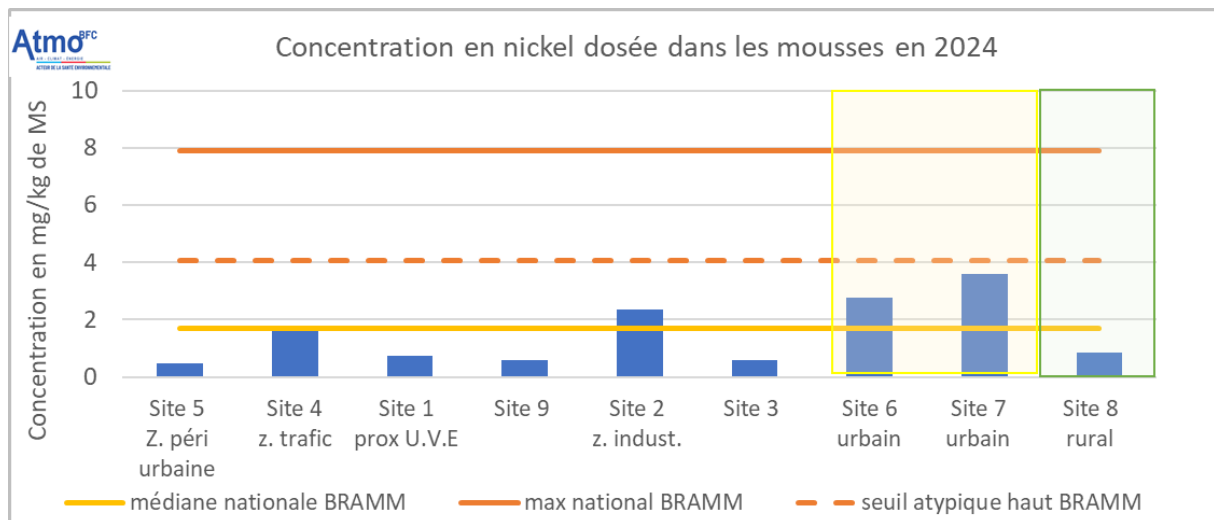


Figure 20 : Concentrations en nickel (Ni) sur les différents sites

L'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au maximal national et au seuil atypique haut du dispositif BRAMM. Un certain nombre de sites observent des niveaux supérieurs à la médiane nationale. Situés à différentes distances de l'UVE, ils témoignent de la présence de plusieurs sources d'émission sur le secteur d'étude. Les niveaux les plus élevés sont observés sur les sites urbains (6 et 7) non influencés par l'incinérateur, avec le maximum à 3,58 mg/kg de MS enregistré sur le site 7 de l'arboretum. Le niveau le plus faible est relevé sur le site 5, en zone périurbaine.

3.9.2. Comparaison par rapport à l'historique

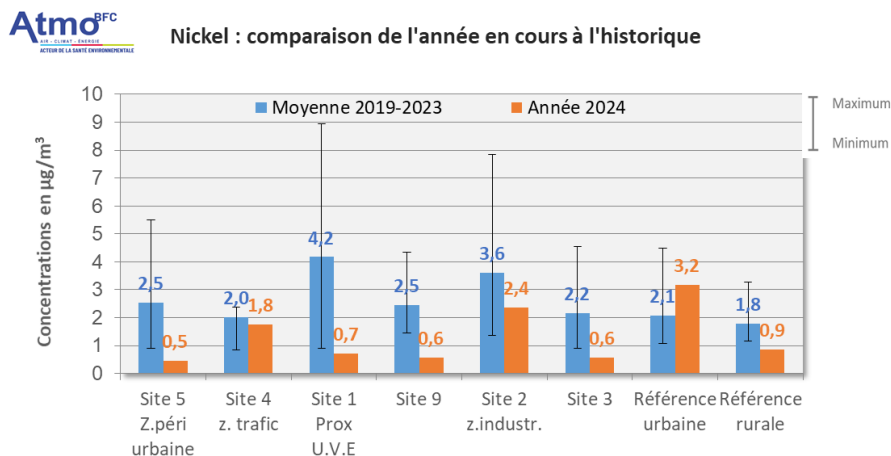


Figure 21 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine qui présente cette année une valeur de 3,2 mg/kg de MS, supérieure à sa moyenne historique. On observe une variation significative des concentrations entre les années, en particulier sur le site 1, proche de l'UVE, et sur le site 2, en zone industrielle. Le site en zone rurale présente la moyenne historique la plus faible.

Il n'est pas observé de gradient de concentration témoignant de plusieurs sources sur la zone d'étude.

3.10. Plomb (Pb)

Sources anthropiques principales : le secteur du transport représente encore plus de 50 % des émissions (abrasion des routes, usure des freins, pneumatiques.), suivi de l'industrie avec la métallurgie des métaux ferreux, et non ferreux et le secteur résidentiel/tertiaire avec la combustion biomasse. Les autres sources sont la combustion du charbon et l'incinération des déchets.

3.10.1. Les résultats

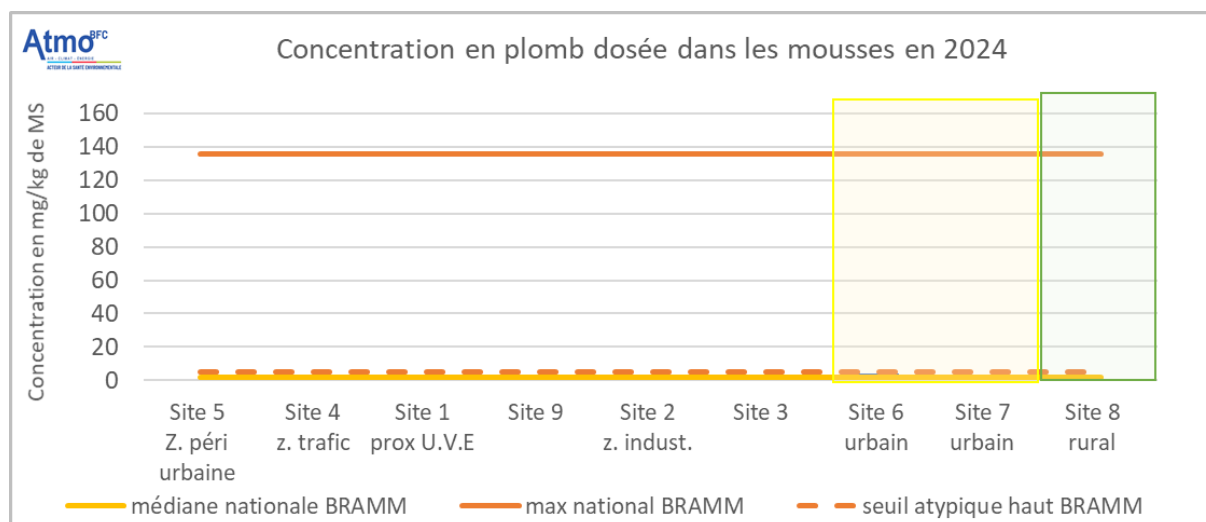


Figure 22 : Concentrations en plomb (Pb) sur les différents sites

Tous les sites présentent des niveaux largement inférieurs au maximum national établi à 136 mg/kg de MS. Cette valeur reste cependant très élevée – un zoom est nécessaire pour étudier la répartition des niveaux au niveau de la zone d'étude.

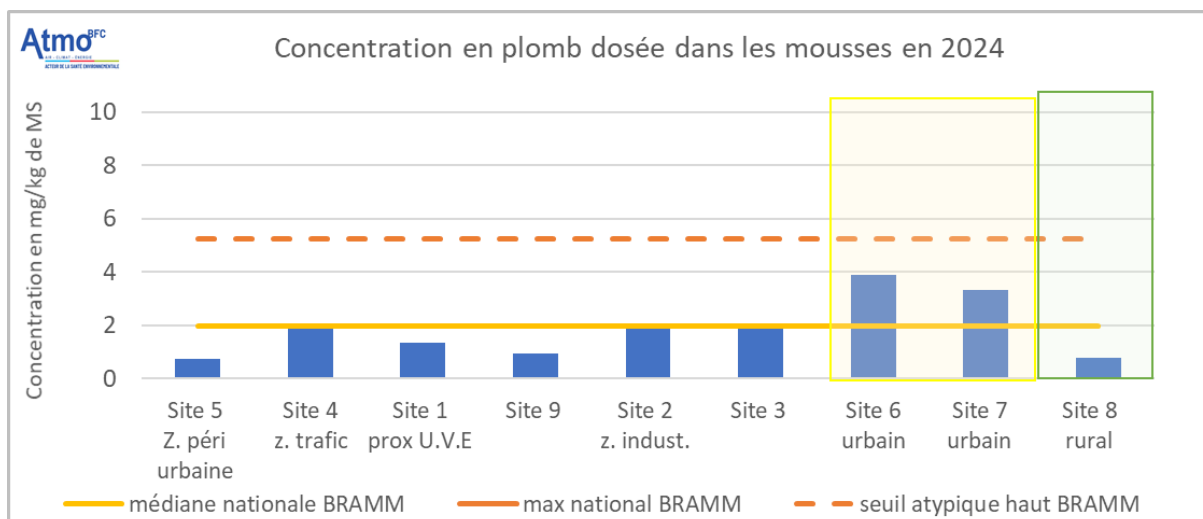


Figure 23 : Zoom sur les niveaux observés en plomb

L'ensemble des sites présente des niveaux inférieurs au seuil atypique haut du dispositif BRAMM. Le niveau maximal est observé sur les sites urbains avec un maximum sur le site 6, non influencé par l'incinérateur. Les niveaux observés témoignent de l'existence de plusieurs sources d'émission sur le secteur. Le niveau le plus faible est observé sur le site 5, en zone périurbaine.

Avec un maximum à 3,9 mg/kg de MS, le maximal relevé dans le cadre de cette campagne reste inférieur au maximum national du dispositif BRAMM établi à 136 mg/kg de MS et référant des sites en zone rurale, non exposés à des sources de pollution locales.

3.10.2. Comparaison par rapport à l'historique

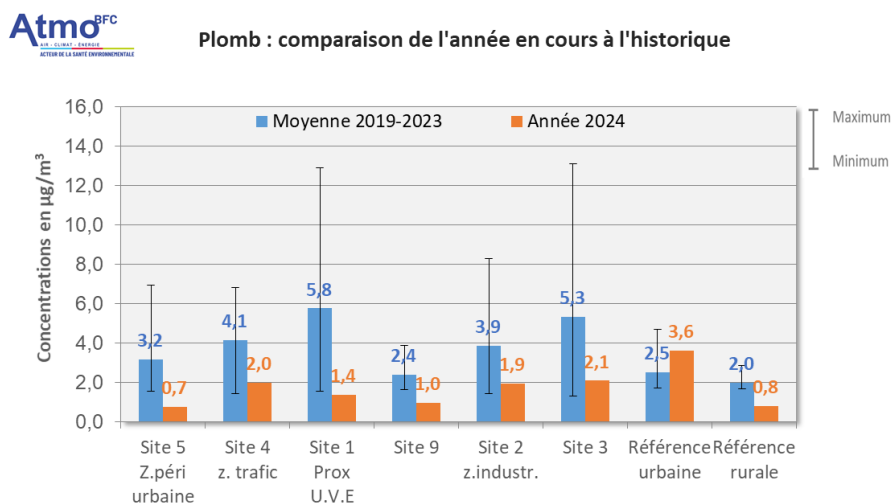


Figure 24 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine, qui présente une moyenne supérieure à sa moyenne historique. On observe une variation significative des concentrations entre les années, en particulier sur le site 1, proche de l'UVE, et sur le site 3, éloigné de l'UVE **témoignant de l'existence de plusieurs**

sources sur la zone d'étude. Le site en zone périurbaine présente la moyenne historique la plus faible, comparable à la référence rurale.

3.11. Thallium (Th)

3.11.1. Les résultats

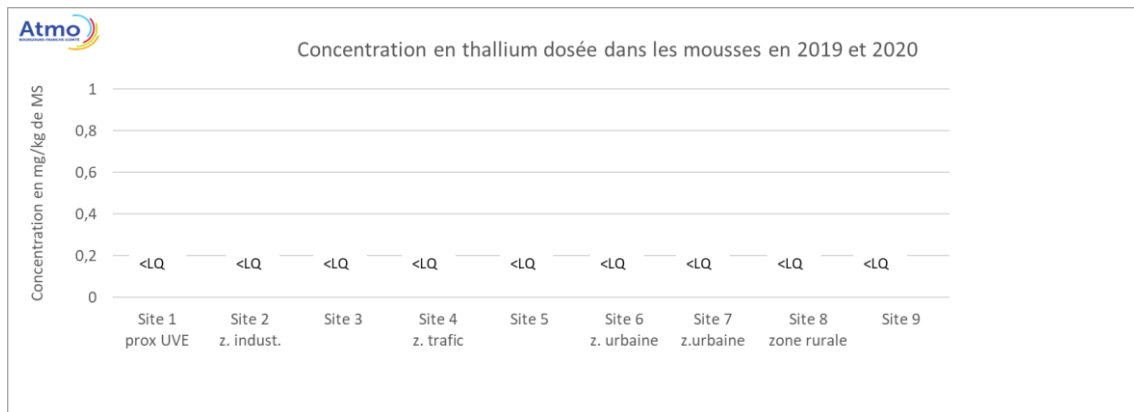


Figure 25 : Distribution des concentrations en thallium (Th) autour du site industriel

Pour rappel, le thallium n'a pas été détecté dans aucun des échantillons de mousse ni en 2019, ni en 2020. **Il n'a pas donc été suivi cette année.**

3.12. Vanadium (V)

Sources anthropique principales : raffinage et combustion des produits pétroliers, combustion du charbon, métallurgie des métaux ferreux et non ferreux

3.12.1. Les résultats

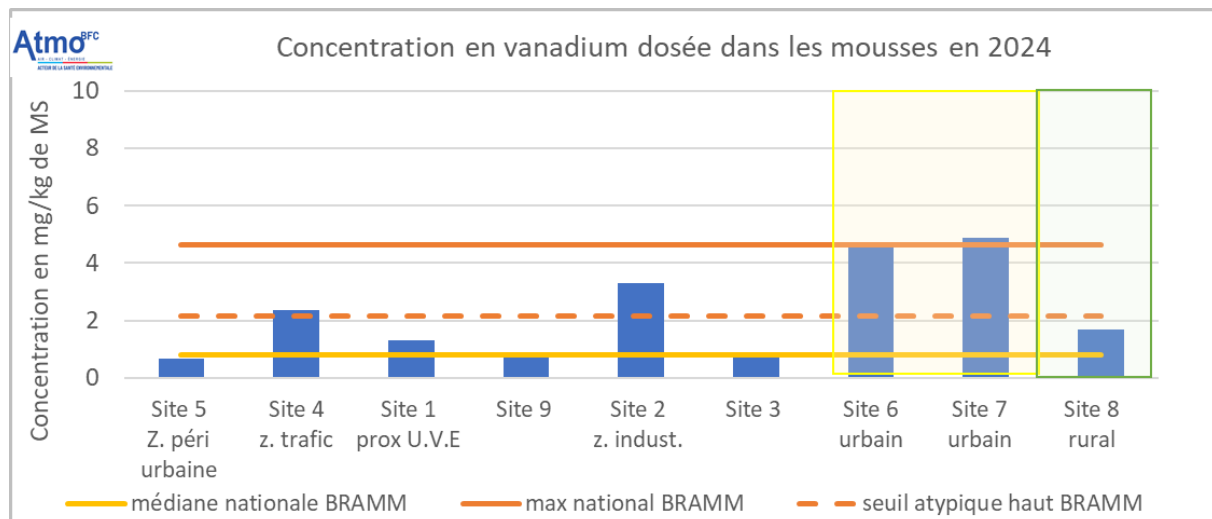


Figure 26 : Concentrations en vanadium (V) sur les différents sites

Pour le vanadium, tous les sites présentent des niveaux supérieurs à la médiane nationale mais inférieurs au maximum national du dispositif BRAMM, excepté pour les sites urbains.

Les sites 6 et 7, en zone urbaine non influencée par l'incinérateur, présentent les niveaux les plus élevés. Le site 5, en zone périurbaine, distant de 1,6 km de l'incinérateur, présente le niveau

le plus faible. **Les niveaux observés montrent la présence de plusieurs sources sur le secteur d'étude pour cet élément.**

3.12.2. Comparaison par rapport à l'historique

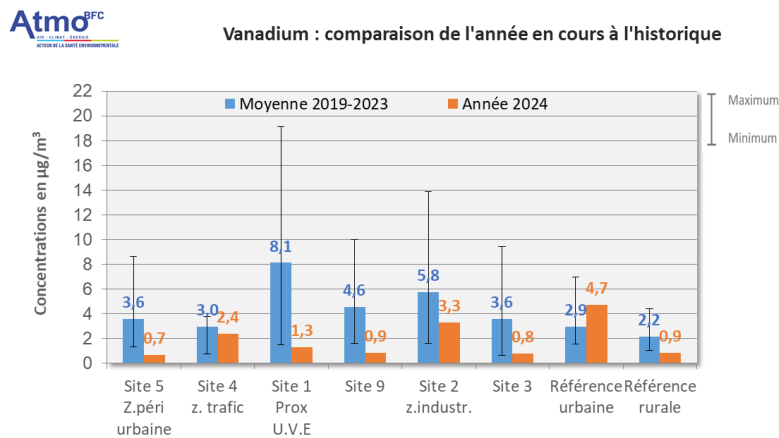


Figure 27 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024 sont plus faibles que l'historique, excepté pour la référence urbaine dont la moyenne cette année est supérieure à la moyenne historique. On observe une variation significative des concentrations entre les années en particulier sur le site 1, proche de l'UVE, et sur le site 2, en zone industrielle. Le site rural présente la moyenne historique la plus faible. **Il n'est pas observé de gradient de concentration sur le secteur, la disparité des niveaux témoigne de l'existence de plusieurs sources sur la zone d'étude.**

3.13. Zinc (Zn)

Sources anthropiques principales : Transport à 60% (usure des plaquettes, des freins, pneumatiques, abrasion des routes, combustion des carburant), métallurgie des métaux ferreux et non ferreux, incinération des déchets.

3.13.1. Les résultats

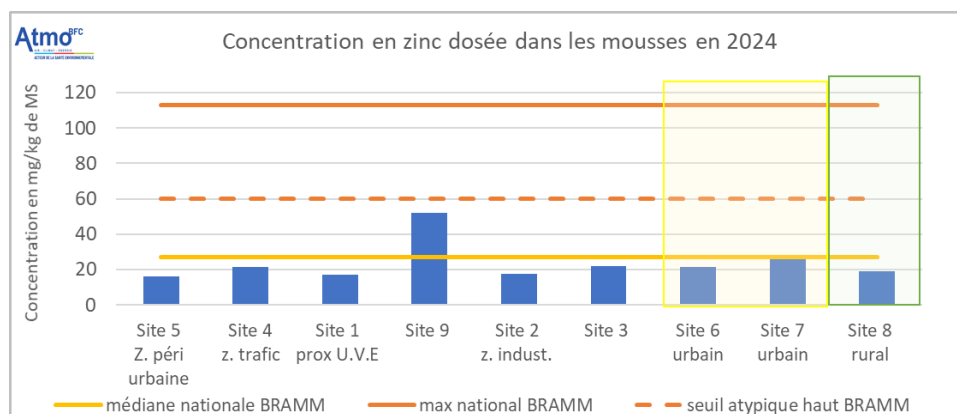


Figure 28 : Concentrations en zinc (Zn) sur les différents sites

Pour le zinc, tous les sites présentent un niveau inférieur au maximum national comme au seuil atypique haut du dispositif BRAMM. L'ensemble des sites, excepté le site 9, présente également un niveau inférieur à la médiane nationale.

Le niveau le plus élevé est observé sur le site 9, en bordure de piste cyclable ; et le niveau le plus faible sur le site 5 en zone périurbaine. **Les niveaux enregistrés sur les différents sites montrent la présence de multiples sources sur le secteur pour ce métal.**

3.13.2. Comparaison par rapport à l'historique

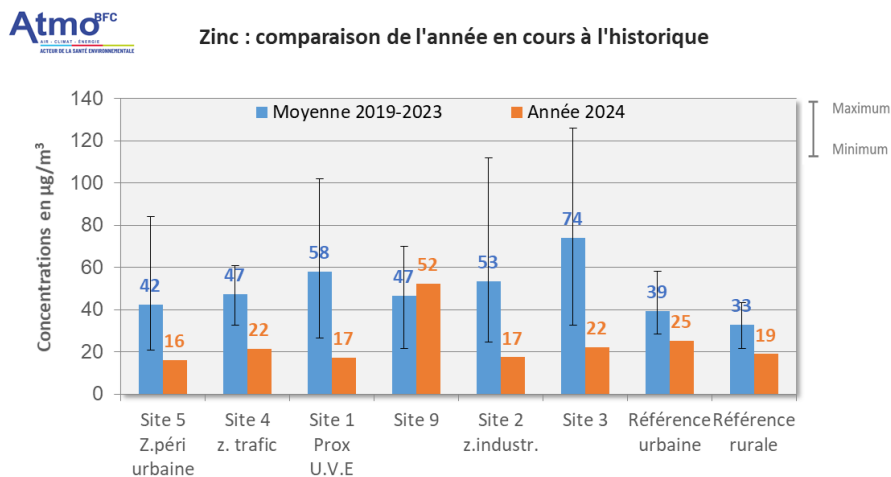


Figure 29 : Comparaison des niveaux par rapport à l'historique

Les niveaux observés en 2024, enregistrent des teneurs plus faibles que l'historique sur l'ensemble des sites, excepté le site 9 qui présente pour sa part une concentration légèrement supérieure. On observe une variation significative des concentrations entre les années, en particulier sur le site 3, qui présente également la moyenne historique la plus élevée. Le site en zone rurale enregistre la moyenne historique la plus faible. **Les niveaux observés sur les différents sites montrent la présence de multiples sources sur le secteur pour ce métal.**

Conclusion

Dans le cadre de la surveillance de l'impact de l'UVE sur son environnement, un programme annuel de biosurveillance par les mousses a été mis en place depuis 2019. Le plan d'échantillonnage et les prélèvements sont réalisés selon la norme NF EN 16414.

Il convient de rappeler que l'UVE se trouve en zone urbaine dense. De nombreuses activités résidentielles, artisanales, commerciales et industrielles sont présentes sur ce périmètre, ainsi qu'un réseau routier important et très fréquenté en particulier l'A36. De ce fait, il est difficile d'isoler l'impact de l'UVE de l'influence des autres émissions,

Les résultats obtenus sont comparés à la dernière campagne de prélèvement du dispositif BRAMM. Les prélèvements pour ce dispositif sont réalisés loin de sources de contamination et sont représentatifs d'une zone dite de « fond », sans source locale de pollution. Par conséquent il est normal d'observer des niveaux supérieurs sur la zone d'étude, fortement industrialisée et urbanisée.

Pour cette campagne 2024, tous les métaux présentent des niveaux inférieurs au seuil maximal national du dispositif BRAMM, référençant des sites en zone rurale non exposés à des sources de pollution locale.

Cette année, pour la majorité des métaux lourds, les niveaux les plus élevés sont observés sur les sites urbains non influencés par l'incinérateur. Ces niveaux confortent les résultats observés maintenant depuis cinq ans qui montrent la présence de multiples sources sur le secteur d'étude.

Pour rappel, les niveaux observés ne préjugent pas de la toxicité des éléments traces métalliques sur la santé et l'environnement, Ils permettent d'évaluer leur accumulation dans l'environnement.

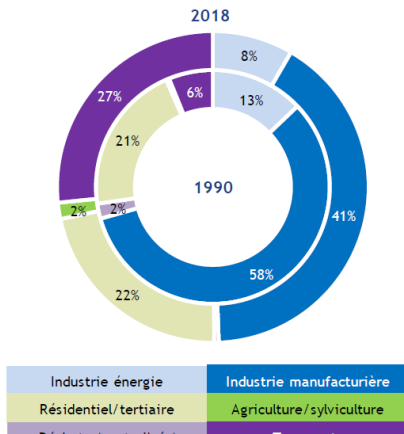
Annexe 1 : description des sites

Site	Adresse	Position	Distance	Description	Photo	type mousse	Coordonnées GPS
1	Proximité incinérateur	Sous vent dominant	140 m	Devant Franche Comté salaison		hypnum cupressiforme	47.50338, 6.81772
2	Promenade de la rêverie	Sous vent dominant	1.9 km	Zone verte		hypnum cupressiforme	47.51373 6.83841
3	Rue de l'églantine SOCHAUX	Sous vent dominant	2 km	Espace sauvage - Proximité garage à environ 30 m maison d'habitation		hypnum cupressiforme	47.51843, 6.83916
4	Rond Point Leclercq-MONBELIARD	Autre vent dominant	650 m	Entre rue du Grand Chenois et Rue Armond Bloch		hypnum cupressiforme	47.49977 6.80862
5	Rue des vignottes-ARBOUANS	Autre vent dominant	1.6 km	Proimité cimetières-espaces vert		Pseudocleropodum purum	47.49202, 6.80113
6	Rue alexandre Ribot-MONBELIARD	Urbain	2.8 km	Arboretum Alexandre Ribot		hypnum cupressiforme	47.51645 6.78358
7	Avenue de la mairie-EXINCOURT	Urbain	1,28	Espace vert au dessus de la place du tramway accès par rampe bétonnée		hypnum cupressiforme	47.49853, 6.83151
8	Grande rue - Entrée du village D228, SAINT JULIEN LES MONBELIARD	fond	7.8 km	le long de la piste cyclable		hypnum cupressiforme	47.51673, 6.706583
9	rue du canal exincourt	sous vent dominant	1 km	piste cyclable		hypnum cupressiforme	47.50350, 6.828340

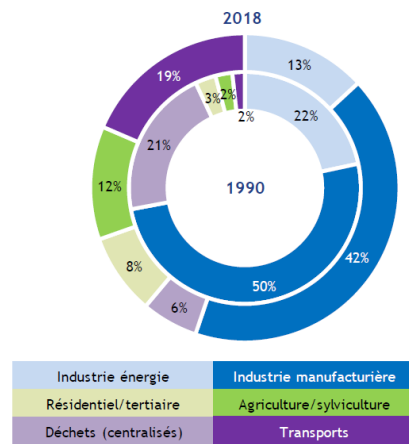
Annexe 2 : Répartition des émissions de certains métaux lourds

Citepa, Rapport SECTEN édition 2020 – Métaux lourds

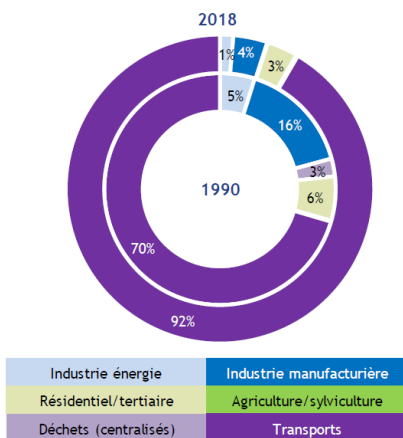
Répartition des émissions d'arsenic en France



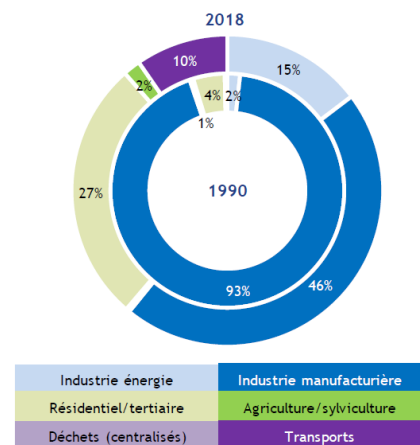
Répartition des émissions de cadmium en France



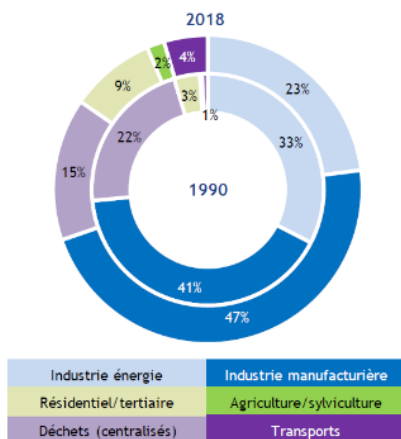
Répartition des émissions de cuivre en France



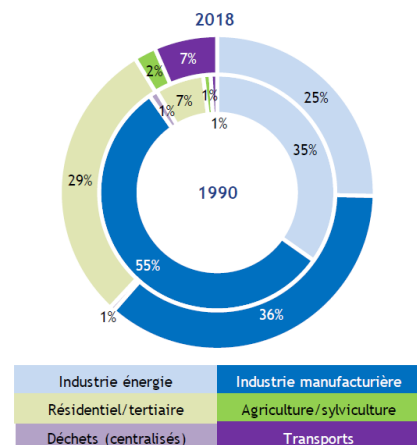
Répartition des émissions de chrome en France



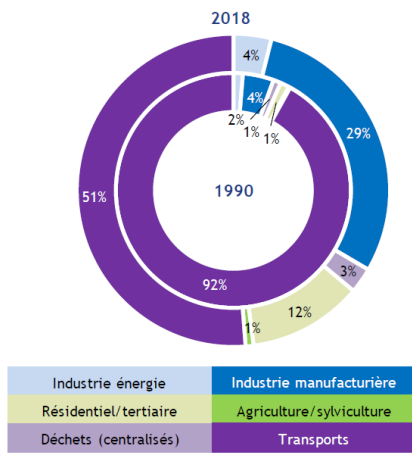
Répartition des émissions de mercure en France



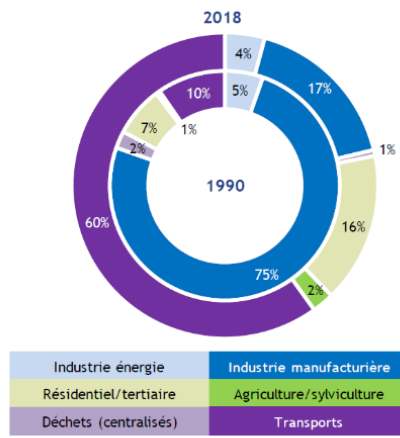
Répartition des émissions de nickel en France



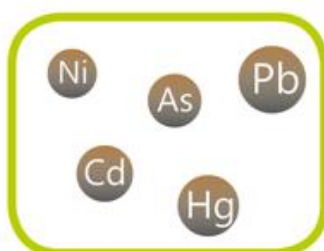
Répartition des émissions de plomb en France



Répartition des émissions de zinc en France



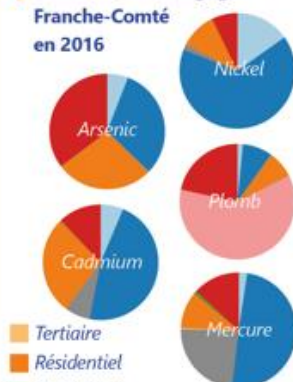
LES MÉTAUX



Certains métaux présents dans l'air portent un caractère toxique pour la santé comme pour l'environnement : plomb, mercure, arsenic, cadmium, nickel, zinc, manganèse...

Ces métaux sont généralement agrégés au niveau des particules, à l'exception du mercure, principalement gazeux.

→ Emissions en Bourgogne-Franche-Comté en 2016



(Source : Atmo BFC)

SOURCES

→ En air ambiant

Dans le milieu naturel, certains métaux tels l'arsenic sont assez abondants dans la croûte terrestre, et en petites quantités dans la roche, le sol, l'eau et l'air. L'activité volcanique, les poussières d'érosion ou encore les feux de végétation contribuent à l'introduction des métaux dans l'atmosphère. Les sources liées à l'activité anthropique proviennent essentiellement du secteur industriel : fonderies, métallurgie, combustion des combustibles fossiles, incinération des déchets...

→ En air intérieur

Certains métaux tels le cadmium, le mercure, le plomb ou encore le chrome sont retrouvés dans la fumée de tabac.

EFFETS

→ Sur la santé

Même si des effets toxiques sont observables à court terme, l'action des métaux sur la santé est le plus souvent lente et liée à des phénomènes d'accumulation dans les écosystèmes. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, cardio-vasculaires...

- Le plomb est un toxique neurologique connu, responsable du saturnisme. Il peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral.
- L'atteinte rénale causée par le cadmium peut être l'origine d'une décalcification osseuse, de douleurs et de fractures.
- Le nickel, bien que permettant d'éviter les anémies en fer, peut à forte dose provoquer des dysfonctionnements de la fonction thyroïdienne.
- L'arsenic, oligo-élément à petite dose, a longtemps été employé comme poison pour provoquer la mort.

Le nickel, l'arsenic et le cadmium sont classés cancérigènes.

→ Sur l'environnement

Les métaux contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques. Certains lichens ou mousses sont couramment utilisés pour surveiller les métaux dans l'environnement et servent de « bio-indicateurs ».

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-bfc.org



Atmo Bourgogne-Franche-Comté
37 rue Battant, 25000 Besançon
Tél. : 03 81 25 06 60
Fax : 03 81 25 06 61
contact@atmo-bfc.org
www.atmo-bfc.org