

**Résumé de l'étude de biomonitoring spécifique visant à
déterminer les niveaux d'imprégnation des riverains des
sites de broyage de métaux en Wallonie**

&

Actions prises et à prendre à court/moyen/long terme

22 avril 2024

1. Introduction

Depuis 2016, des campagnes de mesure réalisées à la demande de l'Agence wallonne Air Climat (AwAC) ont attiré l'attention sur le fait que les installations de broyage de mitrilles pouvaient être des émetteurs potentiels de polluants organiques persistants (POPs) et/ou de perturbateurs endocriniens tels que les composés organohalogénés (Polychlorodibenzo-para-dioxines/furanes (PCDD/F), Polychlorobiphényles (PCBs), Polybromodiphényléthers (PBDEs) ou les phtalates.

Sur base de ce constat, des études de caractérisation environnementale ont été menées en 2019-2020 autour des installations de broyage de métaux à Courcelles et à Obourg. Elles ont montré que des POPs et des métaux lourds sont présents dans la plupart des matrices environnementales considérées (air, dépôts atmosphériques, eaux de surface, sols, sédiments, poussières intérieures, œufs produits localement, productions locales végétales et animales) situées au voisinage des installations de broyage de métaux. Autour de ces sites, l'émission dans l'air de particules contenant des polluants (comme les PCBs, les métaux, les PBDEs...) se superposent à une pollution historique.

Ces études concluaient qu'il n'existait pas de danger immédiat pour la santé de la population vivant autour des broyeurs mais la situation nécessitait de prendre des mesures préventives en cas d'exposition chronique. Ainsi, suite à ces études environnementales, des mesures ont été prises pour réduire l'exposition et des recommandations ont été données aux riverains.

En octobre 2021, le Gouvernement wallon a chargé l'ISSeP de réaliser un biomonitoring spécifique visant à déterminer les niveaux d'imprégnation des riverains des sites actifs en Wallonie pour le broyage de métaux. Cette étude est appelée BIOBRO.

Actuellement, la Wallonie compte 7 sites actifs de broyage de métaux :

- COMET SAMBRE à MONS (Obourg)
- COMET SAMBRE à CHATELET
- DERICHEBOURG BELGIUM à CHARLEROI (Marchienne-au-Pont)
- KEYSER ET FILS à COURCELLES
- ECORE BELGIUM à AUBANGE
- BELGIAN SCRAP TERMINAL WALLONIE (BST) à ENGIS
- DUBAIL à NAMUR (Beez)

2. Objectif de l'étude BIOBRO

L'étude BIOBRO a pour objectif d'étudier l'exposition de la population riveraine des sites de broyeurs à métaux wallons à certains polluants, de la comparer à celle de la population générale wallonne et d'évaluer s'il y a un risque pour la santé en se basant sur les valeurs de référence sanitaires internationalement reconnues et adoptées.

Pour répondre à ces objectifs, le projet BIOBRO comprend deux volets d'étude axés sur les populations vivant à proximité des broyeurs à métaux et sur leur environnement : un biomonitoring humain et une investigation des concentrations en polluants dans les poussières intérieures.

3. Substances d'intérêt

Le Tableau 1 présente les substances étudiées par matrice biologique et environnementale.

Les biomarqueurs ciblés dans le biomonitoring sont des métaux, des PCBs, des métabolites d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), des retardateurs de flamme bromés (PDBEs), des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS).

Initialement, les PFAS ne figuraient pas dans la liste des substances à étudier dans le projet BIOBRO. Cependant, vu la sensibilisation « PFAS » depuis la crise « 3M » en Flandre, il a été décidé de procéder également au dosage des « PFAS » dans les échantillons sanguins récoltés dans le cadre de BIOBRO.

Les dioxines/furanes (PCDD/F) n'ont pas été analysées dans les échantillons biologiques en raison du coût de leur dosage et surtout de la nécessité de prélever un volume important de sang pour les doser.

En ce qui concerne les poussières intérieures chez les riverains, les polluants recherchés sont des dioxines et furanes (PCDD/F), des PCBs dioxin-like (PCB_{dl}) et non dioxin-like (PCB_{ndl}), des polybromodiphényles éthers (PBDEs), des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) et une douzaine de métaux.

Tableau 1 : Liste des substances d'intérêt dans les matrices biologiques et environnementales.

Substances	Matrices biologiques			Matrice environnementale
	Sang/sérum	Urine	Cheveux	Poussières intérieures
PCBs				
PCB _{indicateurs/totaux}	X		X	X
PCB _{ndl}				X
PCB _{dl}	X		X	X
PCDD/F				X
PBDEs	X			X
PFAS	X			X
HAPs		X		
Métaux				
As _{total}		X		X
AS _{spécié}		X		
Cd	X	X		X
Cr		X		X
Cu		X		X
Hg		X		X
Ni		X		X
Pb	X			X
Tl		X		
Zn		X		X
Mg				X
Mn				X
Ca				X
Fe				X

4. Zones d'étude

Avant d'entreprendre l'évaluation de l'imprégnation des riverains des sites de broyage de métaux wallons et la caractérisation des poussières intérieures, il est indispensable de définir les zones d'impact potentiel de chaque broyeur vis-à-vis de l'exposition des riverains. Cette délimitation tient compte des émissions canalisées et des émissions diffuses. Au terme de la délimitation de ces zones, 13 communes wallonnes sont concernées par cette étude, une partie de leur territoire étant compris dans le périmètre défini (cf. Tableau 2).

Tableau 2: Communes wallonnes concernées par le projet BIOBRO

Broyeur	Communes concernées
Ecore	Aubange
Dubail	Namur
BST	Engis, Saint-Georges-sur-Meuse, Amay
CometSambre-Châtelet	Châtelet, Charleroi, Aiseau-Presles, Farciennes
CometSambre-Obourg	Mons
Derichebourg	Charleroi, Montigny-le-Tilleul
Keyser	Courcelles, Charleroi, Pont-à-Celles

5. Recrutement des participants au biomonitoring

Le projet ambitionnait de recruter 500 adolescents répartis autour des 7 broyeurs à métaux wallons. Cette tranche d'âge a été choisie car les adolescents sont de bons témoins de leur environnement proche et récent puisqu'ils ont généralement la majorité de leurs activités à proximité de leur domicile et aussi ils ne sont pas exposés dans la vie professionnelle.

La campagne d'information des citoyens et de recrutement de participants au projet BIOBRO a été lancée dès mars 2022 autour de 4 des 7 sites de l'étude et dès mai 2022 pour les 3 autres, en bonne collaboration avec les communes.

Un courrier toute-boite a été distribué à l'ensemble des riverains de la zone d'étude, des affiches ont été placées en divers points stratégiques de chaque territoire, des messages ont été postés sur ses réseaux sociaux et/ou dans les bulletins communaux. Dans plusieurs communes, les mouvements de jeunesse, les clubs sportifs ont aussi été contactés. Un communiqué de presse a été rédigé par l'ISSeP et bien relayé par les médias (presse écrite, radios, tv locales).

Mi-avril 2022, un premier bilan a été fait pour les 4 sites où la campagne a été lancée. Malgré tous les moyens mis en place, force a été de constater que la participation citoyenne était faible au regard des objectifs visés par le protocole d'étude. Il a donc été décidé de relancer l'appel à participation (en diversifiant encore plus les moyens pour atteindre les adolescents) et de prolonger la période d'inscription jusque fin juin 2022, les séances de prélèvements étant ainsi reportées à la rentrée scolaire de 2022. Les communes ont été associées à cette relance de la campagne d'information et d'invitation à participer au projet BIOBRO.

Finalement, les séances de prélèvements se sont déroulées entre le 28 septembre 2022 et le 25 octobre 2022. L'effectif initialement prévu n'a pas été atteint (cf. Tableau 3). Sur les 500 adolescents prévus pour l'ensemble des sites, 174 adolescents se sont manifestés pour participer à l'étude et 121 ont participé (présence à la séance de prélèvements).

Ainsi, malgré tous les moyens mis en place, la participation citoyenne a été très faible, entre 6 et 15 % de l'effectif fixé, excepté pour le site de Mons (Obourg) avec 74%.

Tableau 3 : Bilan du recrutement : Participations effectives / inscriptions

Bilan	Aubange (Ecore)	Beez (Dubail)	Obourg (Comet)	Engis (BST)	Charleroi (Derichbourg)	Courcelles (Keyser)	Châtelet(Comet)	7 broyeurs
Effectif ciblé	50	50	100	50	50	100	100	500
Participants /Inscriptions	6/11	7/10	74/94	8/13	5/9	6/12	15/25	121/175
% de l'effectif ciblé	12 %	14 %	74 %	16 %	10 %	6 %	15 %	24,2 %

Les effectifs visés par site n'ont pas été atteints. Dès lors, la méthodologie a dû être adaptée. Une analyse site par site n'a pas été possible, vu le faible effectif, excepté pour le site d'Obourg. Préalablement, le traitement des données a porté sur 2 groupes : les riverains du site de broyage d'Obourg et les riverains de 6 autres sites de broyage pris ensemble. Cette comparaison a été réalisée pour justifier le regroupement ou non des participants lors de la comparaison à la population adolescente wallonne.

Les résultats, globalisés pour l'ensemble des sites, doivent être considérés avec prudence car le fonctionnement et l'environnement autour de chaque broyeur est différent.

De plus, l'interprétation des tests statistiques doit être considérée avec prudence. En effet, en raison de la participation moins importante que prévue des citoyens à l'étude BIOBRO et vu la différence d'effectifs entre la population du biomonitoring BIOBRO et la population de référence BMH-WAL, la puissance statistique des analyses réalisées est faible.

Par ailleurs, lors des séances de prélèvement, outre de la collecte des échantillons biologiques, les adolescents ont complété un questionnaire permettant de recueillir des données démographiques et socio-économiques, relatives à l'alimentation, à la santé générale, à l'environnement résidentiel ou encore aux comportements de vie.

6. Résultats du biomonitoring

6.1. Population participante

La population d'adolescents ayant participé à l'étude BIOBRO a été comparée à une population témoin, les adolescents ayant participé au biomonitoring humain wallon (projet BMH-WAL). Les 2 sous-groupes du projet BIOBRO, celui du site d'Obourg et celui regroupant les 6 autres sites ont également été comparés.

La parité filles/garçons est respectée dans tous les groupes. L'âge moyen est comparable mais si on examine la répartition sur la catégorie visée par le projet (12-19 ans), on constate une petite disparité entre les adolescents BIOBRO et les adolescents ayant participé au BMH-WAL.

Le niveau d'éducation des adolescents du groupe BIOBRO est significativement différent de celui des adolescents wallons. Cette différence est associée au mode de recrutement. En effet, dans BMH-Wal, les adolescents ont été recrutés surtout via les écoles secondaires. Ainsi, les adolescents ayant participé à BMH-Wal sont essentiellement des élèves et donc peu d'étudiants de l'enseignement supérieur. Par contre, le niveau d'éducation n'est pas significativement différent entre les sous-groupes BIOBRO. Cette observation est logique puisque le mode de recrutement est le même.

Plusieurs paramètres socio-économiques ont été étudiés. Outre le niveau d'éducation des adolescents, la comparaison entre le groupe BIOBRO et la population témoin wallonne ne montre pas de différence, ce qui signifie que la classe sociale du groupe d'étude BIOBRO est similaire à celle du groupe contrôle wallon. Il en est de même entre les sous-groupes BIOBRO, Obourg vs les 6 autres sites.

Moins d'1% des adolescents ayant participé à BIOBRO a déclaré fumer quotidiennement contre un peu plus de 2% dans la population témoin et aucune différence d'Indice de Masse Corporelle (IMC) n'est observée entre les sous-groupes BIOBRO, ni avec les adolescents wallons du groupe témoin.

De plus, les comportements alimentaires des adolescents vivant autour d'un des broyeurs à métaux wallons ne sont pas significativement différents de ceux des adolescents wallons et si on compare les habitudes alimentaires entre sous-groupes BIOBRO, site d'Obourg et les 6 autres sites, aucune différence n'est mise en évidence.

Enfin, les caractéristiques de l'habitat sont similaires autour des broyeurs à métaux et en Wallonie.

6.2. Imprégnation des adolescents riverains des broyeurs à métaux

Etant donné que l'effectif visé n'est pas atteint, le traitement statistique des données d'imprégnation porte sur 2 groupes : les adolescents riverains du site d'Obourg (Mons) et les adolescents résidant autour des 6 autres sites de broyage pris globalement. Des statistiques descriptives de ces 2 groupes ont été réalisées.

Il en ressort que plusieurs polluants se retrouvent dans le corps des riverains des broyeurs à métaux et ce, quel que soit le site de broyage considéré. Les imprégnations des adolescents riverains du site d'Obourg ne diffèrent pas de celles des adolescents des 6 autres sites regroupés, sauf pour 5 substances (PFOS, PFHxS, les PCB-105 & -156, le 1-naphtol). Les adolescents résidant autour du broyeur d'Obourg ont des concentrations urinaires ou sériques significativement supérieures comparées aux adolescents habitant autour d'un des 6 autres broyeurs, pour le PFOS, le PFHxS et le PCB-105, et des concentrations significativement inférieures pour le 1-naphtol et le PCB-156.

Rappelons qu'étant donné que les effectifs des groupes étudiés sont faibles et de tailles différentes, l'interprétation des tests statistiques doit être menée avec prudence. Des différences ou des similarités épinglées sont à considérées avec précaution comme des tendances.

A noter également que plusieurs biomarqueurs n'ont pas été ou très peu quantifiés dans les échantillons de sang et d'urine des adolescents vivant à proximité des broyeurs.

Pour quelques substances des valeurs de référence pour la protection de la santé sont disponibles. Ainsi, en termes de risques sanitaires, quelques considérations sont apportées.

- **PCBs**

Aucun participant à l'étude BIOBRO n'atteint la valeur HBM I¹ (3,5 µg/L) pour la somme des PCBs -138, -153, -180 dans le sérum (le constat est le même chez les adolescents wallons).

- **Métaux**

Arsenic : La valeur de risque sanitaire basée sur des effets vasculaires et cutanés (6.4 µg/L) pour l'arsenic toxique (TRA) est dépassée par 29% des adolescents participant à l'étude. En population générale wallonne, 21% des adolescents dépassaient cette valeur-seuil.

- **Cadmium** : Très peu d'adolescents (0.8 %) vivant à proximité d'un des broyeurs à métaux ont atteint la valeur HBM I (0.5 µg/L) pour le cadmium urinaire. Aucun n'atteint le niveau HBM II établi à 2 µg/L. Chez les adolescents wallons (BMH-Wal), 2.8 % dépassent la valeur de référence sanitaire HBM I et aucun ne dépasse la valeur HBM II.
- **Mercure** : Aucun participant n'atteint la valeur HBM I (7µg/L), tout comme chez les adolescents wallons.
- **Plomb** : 5 % des concentrations mesurées en plomb sanguin chez les adolescents vivant autour d'un des broyeurs à métaux atteignent la valeur de vigilance de la France pour la gestion de la plombémie (25 µg/L). Chez les adolescents wallons (BMH-Wal), 2.5 % dépassent cette valeur seuil du plomb sanguin.
- **Thallium** : Aucun participant de l'étude BIOBRO n'atteint la valeur HBM I de 5 µg/L (même constat chez les adolescents wallons).

- **PFAS**

Mi-avril 2024, le Conseil Scientifique indépendant PFAS a défini des valeurs-seuils en lien avec l'exposition humaine aux PFAS, basées sur les meilleures références scientifiques actuelles. Outre les valeurs HBM I pour le PFOS et le PFOA, il recommande d'utiliser comme valeurs de référence sanitaires celles définies par les National Academies of Science où deux seuils sont définis pour la somme de 7 PFAS (PFOA+PFOS+PFHxS+PFDA+PFNA+PFUnDA+MeFOSAA², = indicateur PFAS NAS).

99% des adolescents ayant participé à l'étude dépassent le seuil de 2 µg/L dont 1.7% dépassent le seuil de 20 µg/L. Dans la population adolescente wallonne, 95 % dépassent le seuil de 2 µg/L dont 2.2 % sont au-delà de 20 µg/L.

Pour le PFOS, 24.1% des adolescents dépassent la valeur HBM I de 5 µg/L dont 5.1 % dépassent la valeur HBM II (20 µg/L en population générale, 10 µg/L pour le sous-groupe 'femmes en âge de procréer). Chez les adolescents wallons (BMH-Wal), 8.3 % dépassent la valeur de référence sanitaire HBM I dont 1.4 % dépassent aussi la valeur HBM II.

Pour le PFOA, 4.3% des adolescents, riverains des broyeurs à métaux, dépassent la valeur HBM I de 2 µg/L mais aucun n'atteint la valeur HBM II. Chez les adolescents wallons (BMH-Wal), 5.8 % dépassent la valeur de référence sanitaire HBM I dont 0.4 % dépassent aussi la valeur HBM II.

¹ Valeurs HBM : valeurs de références sanitaires proposées par la Commission Nationale de Biomonitoring allemande. Les valeurs HBM I et HBM II sont définies, respectivement, comme la concentration d'une substance dans une matrice biologique à laquelle et en dessous de laquelle il n'y a pas de risque d'effets néfastes sur la santé (HBM I) et au-dessus de laquelle des effets néfastes sont possibles (HBM II).

² Le PFUnDA et le MeFOSAAA n'ont pas été dosés dans l'étude BIOBRO. L'indicateur PFAS NAS pour l'étude BIOBRO est donc la somme des résultats d'analyse PFOA+PFOS+PFHxS+PFDA+PFNA.

6.3. Comparaison avec la population générale wallonne

Les données d'imprégnation des adolescents riverains des broyeurs à métaux sont comparées avec cette catégorie d'âge de la population de référence wallonne, qui sert de groupe témoin pour évaluer l'exposition des riverains des broyeurs à métaux.

Les tableaux en annexes présentent les moyennes géométriques (MG) et les percentiles 95 (P95) ainsi que leurs intervalles de confiance à 95% (95% CI) des adolescents BIOBRO et wallons (BMH-Wal).

La comparaison avec la population adolescente wallonne (groupe témoin) a été réalisée pour l'ensemble des adolescents riverains des 7 sites de broyage à métaux d'une part, et pour les adolescents résidant autour du site d'Obourg uniquement, d'autre part. Si une différence significative entre les riverains du site d'Obourg et les riverains des 6 autres sites de broyage pris globalement a été identifiée, l'analyse comparative a aussi porté avec ce sous-groupe. Ceci ne concerne que 5 substances sur 56 recherchées dans les échantillons biologiques.

Rappelons que la participation plus faible que prévue impacte la pertinence et la fiabilité des tests statistiques réalisés dans cette étude.

Aucune différence significative n'a été observée dans les imprégnations entre les adolescents vivant autour des broyeurs, ou à Obourg considéré séparément, et les adolescents wallons pour la majorité des polluants recherchés. Les concentrations sont comparables, voire parfois légèrement inférieures (pour les HAPs, par exemple), voire parfois légèrement supérieures (c'est le cas pour quelques métaux dans les urines) pour les adolescents vivant autour d'un broyeur à métaux.

Néanmoins, pour quelques polluants, des différences significatives sont observées. Les concentrations sont significativement supérieures chez les adolescents riverains des broyeurs à métaux (7 sites pris globalement), ou à Obourg considéré séparément, vis-à-vis des adolescents wallons pour les substances suivantes :

– **Arsenic total (AsT) et Toxic Relevant Arsenic (TRA) :**

La concentration moyenne en AsT est 1.3 fois plus élevée dans les urines des adolescents riverains des broyeurs à métaux par rapport aux adolescents wallons, voire plus si on considère les adolescents n'ayant pas mangé récemment de poisson ou de riz. Le même constat est fait pour le TRA où l'imprégnation des adolescents vivant autour des broyeurs est 1.4 fois plus élevée par rapport à celle des adolescents wallons.

– **Plomb :**

La plomburie (plomb urinaire) moyenne est 1.6 fois plus élevée chez les adolescents, résidant à proximité des broyeurs à métaux que chez les adolescents wallons.

La plombémie (plomb sanguin) est légèrement inférieure mais cette différence n'est pas statistiquement significative.

– **PFOS :**

Les concentrations sériques mesurées en PFOS sont statistiquement supérieures (1.5 fois) chez les adolescents résidant à proximité des broyeurs comparés à la population adolescente wallonne (1.8 fois plus élevées lorsque le site d'Obourg est considéré séparément). Une sur-imprégnation en PFOS (basée sur les P95) est également observée.

– **PFHxS :**

À Obourg, considéré séparément, des concentrations sériques moyennes en PFHxS sont 1.2 fois plus élevées que chez les adolescents wallons.

- **PCB-138 :**
Des concentrations moyennes en PCB-138 1.2 fois plus élevées dans le sang des adolescents vivant près d'un site de broyage de métaux sont mises en évidence, sans toutefois démontrer de surexposition (basée sur les P95).
- **PCB-105 :**
Ce PCB-dl, malgré son faible pourcentage de quantification (donc observation à considérer avec prudence), a été mesuré en concentration significativement plus élevée dans le sang des adolescents autour des 7 broyeurs sans toutefois démontrer de surexposition (basée sur les P95).

7. Etude des poussières intérieures

Parallèlement au biomonitoring, 180 sacs d'aspirateur ont été collectés afin de caractériser les poussières intérieures des habitations des riverains des broyeurs.

En Wallonie, aucune norme ou consensus concernant les méthodes de prélèvements des poussières sédimentées dans les environnements intérieurs n'est actuellement en vigueur. L'ISSeP a donc expressément développé une méthodologie afin d'investiguer les poussières intérieures autour des broyeurs.

Dans le cadre de ce projet de sciences participatives, ce sont les riverains des broyeurs qui ont eux-mêmes prélevé les poussières de leurs habitations par l'intermédiaire de leur aspirateur. Les prélèvements ne sont donc pas standardisés.

La récolte des échantillons s'est déroulée de septembre à octobre 2022, en parallèle aux séances de biomonitoring autour des broyeurs à métaux.

Le taux de participation citoyenne a été faible et fortement variable d'un broyeur à l'autre (voir Tableau 4).

Tableau 4: Nombre de sacs d'aspirateur récoltés par jour de collecte

Date de collecte	Broyeurs	Nombre de sacs d'aspirateur récoltés
28-09-22	Châtelet	35
29-09-22	Charleroi	9
03-10-22	Aubange	17
04-10-22	Courcelles	16
05 et 06-10-22	Mons	79
12-10-22	Engis	16
21-10-22	Namur	8
Total		180

L'ISSeP s'est chargé de la préparation des échantillons en vue des analyses. Des échantillons composites ont été constitués afin de rassembler assez de matière pour permettre au laboratoire de réaliser l'ensemble des analyses souhaitées et de constituer un seul échantillon représentatif par secteurs situés autour des broyeurs.

Au total, à partir des 180 sacs d'aspirateurs récoltés et des 178 échantillons ponctuels validés pour analyse (2 échantillons ayant dû être écartés car ils présentaient des traces de cendres et de litière, non représentatives de la poussière intérieure), 50 échantillons ont pu être constitués. Ils sont répartis selon 3 types de zones : proches du broyeur, plus éloignés du broyeur mais dans sa zone d'influence et en dehors de la zone d'influence prédite du broyeur.

L'ensemble des échantillons ont pu être analysés sur les métaux lourds. Par manque de matière, 3 échantillons n'ont pas pu être analysés sur les PCDD/F+PCB-DL+PCB-NDL+PBDE et 4 échantillons n'ont pas pu être analysés sur les PFAS.

La détermination de l'influence des broyeurs sur la concentration en polluants dans les poussières intérieures a été réalisée par l'intermédiaire :

- D'analyses statistiques univariées afin de déterminer si des différences significatives de contamination des poussières intérieures existaient selon la distance de l'échantillon par rapport aux broyeurs ;
- De comparaison visuelle des données via la réalisation de diagrammes en boîte à moustaches.

Ces analyses ont permis :

- D'attester des différences significatives des concentrations dans les poussières intérieures pour de nombreux polluants étudiés selon que les poussières sont issues de zones proches du broyeur, plus éloignés du broyeur mais dans sa zone d'influence et en dehors de la zone d'influence prédite du broyeur.
- D'observer, pour de nombreux polluants étudiés, une augmentation des concentrations dans les poussières avec la proximité des broyeurs.

En conclusion, une augmentation significative des concentrations dans les poussières intérieures pour de nombreux polluants est constatée avec la proximité du broyeur.

Afin d'objectiver les risques que les concentrations mises en évidence dans les poussières pourraient représenter pour la santé, une analyse de risque a été réalisée, en considérant uniquement l'ingestion de poussières contaminées. **Elle a conclu à l'absence de risque pour la majorité des polluants étudiés.** Toutefois, le risque n'a pas pu être écarté pour un échantillon pour le PBDE-47, 5 échantillons pour les PCDD/F + PCB- DL, la totalité des échantillons pour le plomb et 36 échantillons pour l'arsenic. Pour ces polluants, une étude de risque plus détaillée serait nécessaire.

Dans le cadre de cette étude, la caractérisation des poussières a été effectuée concomitamment à la réalisation d'un biomonitoring. Ce dernier, représentant l'exposition globale des riverains des broyeurs doit permettre d'objectiver les résultats de cette évaluation des risques.

D'un point de vue expérimental, aucun lien direct n'a pu être établi entre les concentrations en polluants des poussières intérieures et l'imprégnation globale des adolescents riverains. En effet, les imprégnations sont similaires, quelle que soit la distance entre le domicile et la zone d'influence du broyeur. Il faut rappeler que l'imprégnation totalise l'ensemble des expositions, toutes sources et toutes voies, auxquelles un riverain est soumis. L'alimentation est notamment prépondérante, en fonction des individus et des polluants considérés.

Dans ces conditions et au vu de la multiplicité des sources d'exposition, il n'est pas possible d'établir un lien direct entre les concentrations en polluants dans les poussières intérieures et l'imprégnation des riverains.

8. Conclusions de l'étude BIOBRO

L'étude BIOBRO a été menée afin d'évaluer les niveaux d'imprégnation des riverains des sept sites de broyage de métaux actifs en Wallonie. Pour cela, des échantillons biologiques ont été collectés auprès de 121 adolescents riverains d'un des broyeurs à métaux. Parallèlement, 180 sacs d'aspirateur ont été collectés afin de caractériser les poussières intérieures des habitations des riverains des broyeurs.

La participation des citoyens à l'étude BIOBRO a été plus faible que prévue. Ainsi, il n'est pas possible de dresser un constat site par site, excepté pour le site d'Obourg, et les résultats doivent être interprétés avec prudence. L'étude met en évidence des tendances mais avec une robustesse relative vu le faible effectif et les contextes différents.

Plusieurs polluants se retrouvent dans le corps des riverains des broyeurs à métaux et ce, quel que soit le site de broyage considéré. Les imprégnations des adolescents riverains du site d'Obourg ne diffèrent pas de celles des adolescents des 6 autres sites regroupés, sauf pour 5 substances (PFOS, PFHxS, les PCB-105 & -156, le 1-naphtol).

Vivre autour d'un site comprenant un broyeur de métaux semble impacter l'imprégnation des populations riveraines en certains polluants. Pour quelques polluants, des différences significatives sont observées par rapport aux adolescents wallons. Les concentrations sont significativement supérieures chez les adolescents riverains des broyeurs à métaux vis-à-vis des adolescents wallons pour l'arsenic total et l'arsenic toxique (TRA), le plomb urinaire, le PCB-138 et le PFOS. A Obourg, les adolescents recrutés montrent également une imprégnation en PFHxS plus élevée que la population générale d'adolescents wallons.

Aucune différence significative n'a été observée dans les imprégnations entre les adolescents vivant autour des broyeurs, ou à Obourg considéré séparément, et les adolescents wallons pour les autres polluants recherchés (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Se, Tl, Zn, HAPs, PDBEs, les autres PFAS et PCBs). Les concentrations sont comparables, voire parfois légèrement inférieures (pour les HAPs, par exemple), ou légèrement supérieures (c'est le cas pour quelques métaux dans les urines).

Des valeurs de référence sanitaires sont dépassées pour l'arsenic toxique (TRA), le cadmium urinaire, le plomb sanguin, le PFOA et particulièrement le PFOS et également pour la somme de plusieurs PFAS (indicateur PFAS NAS).

Bien que l'étude montre que la concentration en polluants des poussières intérieures est influencée par la proximité des broyeurs, aucun lien direct n'a pu être établi entre la concentration en polluants des poussières intérieures et l'imprégnation des riverains.

9. Agir avec l'industrie pour réduire les risques

9.1. Quelles mesures déjà mises en place ?

Les « broyeurs à métaux » sont des entreprises participant à l'**économie circulaire** en permettant le tri et le recyclage des matières premières. Ces entreprises participent à la valorisation d'un large éventail de matières : métaux ferreux et non-ferreux, matières plastiques, etc. Des matières premières peuvent y être recyclées à partir de tous types de véhicule mais aussi d'appareils électroniques ou électroménagers hors d'usages, de pièces de construction, etc.

Dès 2018, suite à la mise en évidence de PCB et polluants organiques persistants (POP) dans les retombées atmosphériques de broyeurs, le SPW ARNE a imposé une surveillance accrue de ces installations et a défini des valeurs limites d'émission pour un certain nombre de polluants.

Pour les **émissions canalisées**, cela a amené les broyeurs à métaux à se doter de systèmes de filtration comportant, entre autres, un filtre à charbon actif qui a permis une réduction très sensible des émissions des PCB totaux et d'autres polluants organiques persistants (POP), et donc d'améliorer la qualité de l'air.

Pour les PCB totaux, par exemple, on peut observer les réductions d'émissions suivantes :

(Les quantités émises sont exprimées en grammes émis par an, sauf pour Dubail dont les unités sont en ng/m³)

Broyeur	Sans filtre	Avec filtre	réduction des émissions (%)
Comet Obourg	5909	27	99.54
Comet Châtelet	188	52	72.34
Derichebourg	2010	16	99.20
Keyser	1081	5.5	99.49
Ecore	855	15.6	98.18
BST	<100	<100	
Dubail (unités différentes ng/m ³)	6067	45	99.26

Le placement de ces systèmes de filtration s'est effectué, selon les broyeurs, entre mai 2020 et novembre 2022. En ce qui concerne le broyeur d'Obourg, il est entré en fonction en septembre 2020. Il ne s'est donc passé que deux ans entre le placement des filtres et les prélèvements sanguins, ce qui est peu pour des marqueurs toxicologiques à très longue durée de demi-vie dans l'organisme.

La situation au niveau des **émissions diffuses** est nettement plus complexe. Les premiers résultats datent de 2020 et montrent une grande variabilité. Il est dès lors difficile, à ce stade, de tirer des conclusions claires.

Vu la difficulté d'échantillonnage, il a dès lors été choisi de privilégier une démarche d'amélioration continue via l'établissement de Programme de Réduction des Emissions Diffuses (PRED) dans lequel l'industriel analyse ses installations et ses procédés afin de proposer des mesures à mettre en place pour réduire l'émission de poussières. De plus des valeurs cibles ont été établies pour les molécules à suivre, même si cela entraîne une plus grande difficulté d'analyse des résultats. Cependant, en regardant les polluants par famille (PCB ou PCDD par exemple), on remarque une tendance générale à la diminution de la concentration des polluants dans la poussière collectée.

En conclusion, même si le recul n'est que de deux ou trois ans, il est indiscutable que les mesures imposées par l'Administration et l'AwAC ont permis un abattement parfois très significatif des émissions de polluants, que ce soit dans les émissions canalisées ou dans les émissions diffuses.

9.2. Quelles mesures supplémentaires dans le futur ?

Le bilan environnemental réalisé en 2020 autour du zoning d'Obourg avait certes mis en évidence la présence de divers polluants dans les sols, au-delà de valeurs limites indicatives mais il concluait que

les concentrations restaient similaires à celles observées dans les zones urbanisées et qu'il n'y avait pas de risque sanitaire aigu mis en évidence. Cette étude montrait également l'impossibilité d'établir un lien direct entre les broyeurs et la contamination, mentionnant la présence d'autres industries et un lourd passé industriel de la zone.

Toute éventuelle action future sur les permis d'environnement devra bien entendu se faire à la lueur de ces conclusions.

9.3. Présence de plomb

Les broyeurs à métaux se voient déjà imposer, par leur permis d'environnement, une valeur limite d'émission de plomb. Calculée selon les règles de l'art, celle-ci s'élève à 0.1 mg/Nm³sec. Elle a été déterminée sur base d'une modélisation de dispersion des émissions canalisées et permet de respecter le „critère de qualité“ en Pb dans l'air ambiant respiré par les riverains.

Les analyses effectuées par les broyeurs à métaux wallons montrent qu'ils respectent tous largement cette prescription.

	Rapport	Mesure Pb (mg/Nm ³ sec)
DERICHEBOURG Marchienne	TAUW 2021	< 0,01
BST Engis	SGS 2023	0.0037
COMETSAMBRE Chatelet	SGS 2021	0,0065
COMETSAMBRE Obourg	SGS 2022	0,0049
KEYSER Courcelles	SGS 2022	0.0025
ECORE Aubange	SGS 2022	0.0013 et 0.0033

L'administration n'a dès lors aucune raison objective, au vu de ces chiffres de modifier les Valeurs Limites d'Emission en plomb, pour les émissions canalisées, dans les permis des broyeurs.

En ce qui concerne les émissions diffuses, aucune valeur limite ou valeur cible n'a été définie pour le plomb dans les permis des broyeurs. Les analyses des poussières récoltées dans les jauges Owen montrent cependant une présence de plomb à des valeurs supérieures aux valeurs de fonds rurales ou urbaine, valeurs moyennes issues des observations de la qualité de l'air réalisées par l'ISSeP, et plus particulièrement dans les jauges les plus proches des installations et situées sous les vents dominants.

L'impact des broyeurs à métaux sur la présence de plomb dans l'environnement ne peut donc être exclue. Il convient toutefois de remarquer que la concentration diminue fortement avec la distance et que, dans le cas du broyeur d'Obourg, les mesures effectuées en zones habitées montrent des valeurs conformes aux normes de qualité de l'air (TA-Luft).

Au vu de ce qui précède, il est préférable de veiller à réduire l'émission de plomb en agissant globalement sur la réduction des émissions diffuses plutôt que d'imposer une nouvelle valeur cible pour cet élément.

9.4. Présence d'arsenic et PFAS

L'arsenic et les PFAS ne sont actuellement pas dosés dans les émissions des broyeurs à métaux. Dès lors, il est impossible de dire si ces installations sont des sources potentielles responsables de l'imprégnation constatée dans la population adolescente testée.

L'administration étudie cependant la pertinence d'imposer des normes d'émission aux industries de la région.

9.5. Définition et application des normes

La définition et l'application de normes aux entreprises se doit de respecter un certain nombre de critères. En effet, les conditions particulières d'un permis d'environnement se doivent d'être :

- **Justifiées.** Elles ne peuvent être imposées à des entreprises sans raisons valables.
- **Applicables.** Il faut que les moyens techniques permettant de parvenir au but fixé existent.
- **Mesurables.** Des méthodes analytiques ou des instruments de mesure existants doivent permettre à l'industriel et aux pouvoirs publics de vérifier que le but est atteint.
- **Contrôlables.** Ce point dérive directement du précédent mais est indispensable pour une bonne application de la législation.

Le non-respect de l'ensemble de ces critères, selon les cas, rend les conditions sectorielles et particulières des permis d'environnement inutiles, car l'administration n'a aucun moyen de vérifier que le but est atteint, ou mène à de longs débats juridiques, lorsque les conditions n'ont pas une assise solide ou ne sont pas justifiées.

Dans le cas de BIOBRO, de nombreux doutes subsistent, que ce soit sur le choix des entreprises auxquelles de nouvelles mesures de contrainte doivent être appliquées ou sur la manière de les contrôler.

Bon nombre de révisions de permis introduites ces dernières années pour imposer de nouvelles normes aux broyeurs ont mené à des recours, parfois jusqu'au Conseil d'Etat. Encore aujourd'hui, dans le cadre des travaux pour l'élaboration des conditions sectorielles pour le secteur des broyeurs à métaux, le prestataire chargé de la rédaction du rapport sur les incidences environnementales des futures conditions sectorielles a insisté sur l'importance du besoin de robustesse et de cohérence des différentes mesures imposées. De même, comme expliqué ci-dessus, le point sensible de ces activités réside au niveau des émissions diffuses. Une méthode suffisamment fiable et objective pour mettre en évidence la réduction des émissions diffuses n'a pas encore été identifiée, les travaux de réflexion à ce sujet se poursuivent.

Pour ces raisons, un groupe de travail est mis en place au sein de l'administration wallonne reprenant les services directement en prise avec le terrain et les permis (SPW ARNE et AWAC) aidés de l'ISSeP et au besoin de services Universitaires. Le but de ce groupe de travail est de :

- Valider les normes de rejet dans les différents milieux et en particulier les normes « air » signalées ci-dessus, en vérifiant que les différents critères mentionnés sont bien respectés. Cette partie des travaux bénéficierait grandement de travaux de simulation des dispersions, afin de déterminer l'étendue des zones impactées.

- Définir, en collaboration avec le secteur, les meilleures techniques disponibles permettant d'abattre les émissions (en particulier diffuses) et imposer ces mesures via la révision des permis.

Des pistes ont déjà été évoquées : confinement des installations produisant le plus de particules fines, aspersion des tas et des voiries, logettes à trois murs pare-vent, filets brise-vent, hauteur maximale des tas...

- Installer un dialogue constructif entre l'Administration, le Secteur, les Communes et les citoyens, via des comités d'accompagnement, si ce n'est déjà le cas.
- Soutenir et participer activement aux échanges internationaux et plus particulièrement européens pour la promotion et la définition de meilleures techniques disponibles.

Bon nombre d'actions définies ci-dessus passeront par la révision des permis d'environnement des industries concernées.

10. Quelles sont les recommandations pour les citoyens ?

Les recommandations émises à la suite des investigations environnementales doivent être prolongées. Il s'agit de limiter l'ingestion de polluants via la mise en œuvre des mesures suivantes :

- Ne plus consommer d'œufs et de lait autoproduits, ni de poules élevées à l'air libre ;
- Rincer soigneusement les fruits et les légumes collectés dans les jardins potagers ;
- Nettoyer régulièrement les habitations à l'eau, à l'intérieur et à l'extérieur ;
- Limiter les surfaces de terre nue en favorisant l'enherbage par du gazon ;
- Renforcer les règles d'hygiène de base des enfants : lavage des mains ; couper les ongles courts ; éviter qu'ils portent directement des mains sales à la bouche.

Pour une meilleure prise en charge de chaque cas individuel, une information a été adressée par la Région aux médecins généralistes. En ce qui concerne les PFAS, ces recommandations ont été établies par le Conseil Scientifique indépendant PFAS Wallon. Elles impliquent des procédures classiques de suivi et de contrôle médicaux. Ainsi, il est recommandé aux participants au biomonitoring qui présentent des concentrations en polluants qui dépassent des valeurs de référence sanitaires de consulter leur médecin traitant.

La poursuite des campagnes de contrôle des émissions des installations et de caractérisation des dépôts atmosphériques ainsi qu'un suivi environnemental des sols et des eaux pourra aussi permettre, à moyen terme, d'évaluer l'efficacité des mesures supplémentaires prises par les industriels.

Par ailleurs, Il serait pertinent de réaliser un nouveau biomonitoring, dans les mêmes conditions, dans quelques années (5-10 ans) afin d'identifier l'effet des mesures de contrôle des émissions des broyeurs sur l'imprégnation des riverains.

L'ensemble des rapports et des fiches d'informations se rapportant à l'étude BIOBRO sont disponibles sur le Portail Environnement-Santé du SPW (<http://environnement.sante.wallonie.be/broyeurs>).

11. Annexes

Tableau 5 : Comparaison des concentrations urinaires en métaux mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur [µg/L]	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value		
Arsenic total	MG [95% CI]	8.1 [7.1-9.3]	10.5 [8.4-13.1]	0.0153	9.6 [7.1-12.7]	0.0780		
	P95 [95% CI]	64.9 [46.2-132.6]	104.2 [45.7-333.2]	0.1844	47.2 -	0.0026		
Arsenic total – sans consommation récente de poisson	MG [95% CI]	5.0 [4.4-5.6]	7.3 [5.9-9.0]	0.0004	7.3 [5.4-9.8]	0.0055		
	P95 [95% CI]	18.7 [15.8-26.5]	34.3 -	0.0057	38.0 -	0.00003		
Arsenic total – sans consommation récente de riz	MG [95% CI]	7.0 [5.9-8.2]	10.3 [8.1-13.1]	0.0017	9.6 [7.1-13.0]	0.0233		
	P95 [95% CI]	53.0 [42.8-130.1]	89.7 -	0.1713	43.7 -	0.0423		
Arsenic total – sans consommation récente ni de poisson, ni de riz	MG [95% CI]	4.8 [4.1-5.5]	7.6 [6.1-9.6]	0.0002				
	P95 [95% CI]	16.0 [11.9-26.5]	34.3 -	<0.0001				
Toxic Relevant Arsenic - TRA	MG [95% CI]	3.7 [3.4-4.0]	4.6 [4.1-5.3]	0.0014	4.6 [3.9-5.5]	0.0091		
	P95 [95% CI]	13.2 [11.2-16.6]	16.2 [12.9-21.0]	0.0945	15.7 -	0.1844		
TRA – sans consommation récente de poisson	MG [95% CI]	3.2 [2.9-3.5]	4.2 [3.6-4.9]	0.0004	4.4 [3.5-5.4]	0.0035		
	P95 [95% CI]	9.1 [8.1-13.1]	14.3 -	0.0165	15.7 -	0.0004		
TRA – sans consommation récente de riz	MG [95% CI]	3.4 [3.1-3.7]	4.5 [3.9-5.2]	0.0014	4.5 [3.6-5.5]	0.0174		
	P95 [95% CI]	10.6 [8.8-14.9]	14.7 -	0.0013	15.6 -	0.0030		
TRA – sans consommation récente ni de poisson, ni de riz	MG [95% CI]	3.1 [2.8-3.5]	4.3 [3.7-5.1]	0.0008				
	P95 [95% CI]	9.2 [7.9-13.1]	14.6 -	0.0099				
Cadmium	MG [95% CI]	0.14 [0.13-0.15]	0.14 [0.12-0.15]	>0.05	0.14 [0.12-0.16]	>0.05		
	P95 [95% CI]	0.42 [0.35-0.51]	0.37 [0.33-0.43]	0.015	0.37 -	0.002		
Chrome	MG [95% CI]	<0.2 -	<0.2 -	0.008	<0.2 -	0.007		
	P95 [95% CI]	0.3 [0.2-0.4]	0.3 [0.3-0.7]	0.02	0.3 -	>0.05		
Cuivre	MG [95% CI]	9.4 [8.7-10.2]	10.3 [9.4-11.5]	>0.05	10.4 [9.1-12.0]	>0.05		
	P95 [95% CI]	23.2 [22.0-34.1]	24.7 [18.5-30.5]	>0.05	26 -	>0.05		
Mercuré	MG [95% CI]	<0.25 -	<0.25 -	0.290	<0.25 -	0.8488		
	P95 [95% CI]	0.37 [0.28-0.49]	0.44 [<0.25-0.60]	0.6753	0.47 -	0.2069		
Nickel	MG [95% CI]	1.53 [1.34-1.75]	1.7 [1.5-2.0]	>0.05	1.8 [1.5-2.1]	>0.05		
	P95 [95% CI]	4.54 [4.39-5.75]	4.8 [4.3-6.9]	>0.05	5.3 -	>0.05		
Plomb	MG [95% CI]	0.39 [0.36-0.44]	0.62 [0.54-0.71]	<0.0001	0.63 [0.56-0.71]	0.0001	0.68 [0.56-0.82]	<0.0001
	P95 [95% CI]	1.29 [1.05-1.83]	1.67 [1.40-2.83]	0.002	1.60 -	0.034	2.42 -	<0.0001
Sélénium	MG [95% CI]	24 [22.3-26.4]	27 [23.8-29.8]	>0.05	27 [22.4-30.8]	>0.05		
	P95 [95% CI]	59 [53.7-68.1]	62 [49.9-80.2]	>0.05	71 -	>0.05		

Thallium	MG [95% CI]	0.21 [0.19-0.23]	0.24 [0.22-0.28]	>0.05	0.25 [0.22-0.28]	>0.05
	P95 [95% CI]	0.49 [0.46-0.52]	0.50 [0.46-0.58]	>0.05	0.48 -	>0.05
Zinc	MG [95% CI]	387 [351-426]	402 [350-463]	>0.05	394 [329-473]	>0.05
	P95 [95% CI]	1021 [1034-1412]	1205 [1027-1613]	>0.05	1210 -	>0.05

Tableau 6: Comparaison des concentrations sanguines en métaux mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (µg/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value
Cadmium	MG [95% CI]	0.13 (0.12-0.14)	0.14 (0.12-0.16)	0.1199	0.15 (0.13-0.17)	0.0475
	P95 [95% CI]	0.46 (0.37-0.84)	0.32 (0.29-0.60)	0.00036	0.29	< 0.0001
Plomb	MG [95% CI]	9,4 (8,9-9,9)	9.32 (8.49-10.2)	0.8748	8.88 (7.88-10.0)	0.5451
	P95 [95% CI]	22,5 (19,8-24,3)	19.9 (16.1-53.6)	0.0230	19.1	0.0002

Tableau 7: Comparaison des concentrations urines en HAPs mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (µg/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value	6 autres sites	p-value
1-naphtol	MG [95% CI]	0,49 [<0,40-8,02]	0,4 [<0,40-0,47]	0,0025	<0,40 -	0,0024	0,5 [<0,40-0,68]	0,9835
	P95 [95% CI]	3,38 [2,29-7,41]	2,27 [1,93-6,68]	0,4022	1,69 -	0,1547	3,68 -	0,6635
2-naphtol	MG [95% CI]	4.96 [4.31-5.7]	4.63 [3.82-5.62]	0.5325	4.31 [3.33-5.58]	0.3433		
	P95 [95% CI]	33.7 [25.4-42.6]	26.1 [18.7-59.1]	0.2089	27.59 -	0.3756		
2-hydroxyfluorène	MG [95% CI]	<0.10 -	<0.10 -	0.0058	<0.10 -	0.0831		
	P95 [95% CI]	0.25 [0.16-0.79]	<0.10 -	0.0939	<0.10 -	0.3756		
3-hydroxyfluorène	MG [95% CI]	<0.10	<0.10	0.0047	<0.10 -	0.0277		
	P95 [95% CI]	0.22 [0.14-0.44]	<0.10 -	0.0939	<0.10 -	0.7270		
9-hydroxyfluorène	MG [95% CI]	0.13 [0.11-0.15]	0.11 [<0.10-0.13]	0.1672	<0.10 -	0.5438		
	P95 [95% CI]	1.26 [1.08-1.73]	0.98 [0.49-2.63]	0.7270	1.00 -	0.7270		
1-hydroxy-phénanthrène	MG [95% CI]	0.13 [0.12-0.15]	0.12 [0.10-0.14]	0.2573	0.12 [0.10-0.14]	0.3696		
	P95 [95% CI]	0.62 [0.57-0.91]	0.39 [0.33-0.84]	0.2089	0.43 -	0.3756		
2-hydroxy-phénanthrène	MG [95% CI]	<0.10 -	<0.10 -	0.2504	<0.10 -	0.4834		
	P95 [95% CI]	0.20 [0.15-0.28]	0.14 [0.10-0.44]	0.7270	0.17 -	0.7270		
3-hydroxy-phénanthrène	MG [95% CI]	<0.10 -	<0.10 -	0.0148	<0.10 -	0.0517		
	P95 [95% CI]	0.44 [0.37-0.662]	0.25 [0.19-0.57]	0.0939	0.28 -	0.1547		
	MG	<0.10	<0.10	0.0404	<0.10	0.1796		

4-hydroxy-phénanthrène	[95% CI]	-	-	-	-	-
	P95	0.37	0.17	0.4022	0.18	0.7270
	[95% CI]	[0.26-0.57]	[0.13-0.65]	-	-	-
1-hydroxypyrene	MG	<0.15	<0.15	0.0061	<0.15	0.0364
	[95% CI]	-	-	-	-	-
	P95	0.25	<0.15	0.8148	0.15	0.8509
	[95% CI]	[0.21-0.33]	-	-	-	-

Tableau 8: Comparaison des concentrations sériques en PFAS mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (µg/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value		
PFOA	MG	1.13	1.14	0.5748	1.15	0.5226		
	[95% CI]	[1.08-1.18]	[1.08-1.20]		[1.09-1.21]			
	P95	2.07	1.72	0.7332	1.55	0.3987		
	[95% CI]	[1.87-2.64]	[1.56-3.29]		[1.44-3.29]			
PFNA	MG	0.28	0.27	0.9175	0.28	0.9952		
	[95% CI]	[0.27-0.30]	[0.24-0.30]		[0.25-0.32]			
	P95	0.67	0.62	0.7332	0.66	0.8064		
	[95% CI]	[0.56-0.75]	[0.54-0.97]		[0.54-1.16]0			
PFDA	MG	0.15	0.11	0.0002	0.10	0.0008		
	[95% CI]	[0.14-0.17]	[0.10-0.12]		[<0.10-0.13]			
	P95	0.44	0.33	0.0409	0.4	0.1650		
	[95% CI]	[0.36-0.53]	[0.29-0.43]		[0.30-0.52]		6 autres sites	p-value
PFHxS	MG	0.54	0.51	0.0855	0.63	<0.0001	0.37	0.0055
	[95% CI]	[0.51-0.58]	[0.47-0.556]		[0.56-0.70]		[0.33-0.42]	
	P95	1.69	1.23	0.0409	1.35	0.1650	0.67	0.1238
	[95% CI]	[1.43-1.99]	[0.91-1.69]		[0.96-4.29]		-	
PFOS	MG	1.75	2.71	<0.0001	3.12	<0.0001	2.17	0.0419
	[95% CI]	[1.59-1.92]	[2.36-3.12]		[2.59-3.77]		[1.79-2.62]	
	P95	6.8	10.68	0.0005	12.89	<0.0001	6.52	0.8642
	[95% CI]	[5.31-9.03]	[7.82-21.35]		[8.03-32.24]		-	

Tableau 9: Comparaison des concentrations sériques en PBDEs mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (ng/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value
PBDE-47	MG	<5.0	<5.0	0.4100	<5.0	0.3119
	[95% CI]	-	-		-	
	P95	10.1	9.3	0.9148	12.1	0.4107
	[95% CI]	[7.8-11.0]	[7.8-19.6]		-	
PBDE-153	MG	<5.3	<5.3	0.9574	<5.3	0.6875
	[95% CI]	-	-		-	
	P95	6.2	5.4	0.2393	5.8	0.7839
	[95% CI]	[5.0-8.6]	[<5.37.2]		-	

Tableau 10: Comparaison des concentrations sériques en PCBs indicateurs mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (ng/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value
PCB-28	MG [95% CI]	<18 -	<18 -	0.1648	<18 -	0.3599
	P95 [95% CI]	27.2 [19.9-33.5]	18.2 -	0.1055	18.2 -	0.1650
PCB-52	MG [95% CI]	<15 -	<15 -	0.8981	<15 -	0.4598
	P95 [95% CI]	<15 -	<15 -	-	<15 -	-
PCB-101	MG [95% CI]	<15 -	<15 -	0.4540	<15 -	0.2777
	P95 [95% CI]	<15 -	<15 -	-	<15 -	-
PCB-118	MG [95% CI]	10.4 [9.6-11.3]	9.1 [8.5-11.0]	0.3127	9.6 [8.1-11.4]	0.6430
	P95 [95% CI]	24.8 [21.4-31.5]	23.6 [20.9-41.2]	0.7332	22.5 -	0.8064
PCB-138	MG [95% CI]	33.9 [31.3-36.8]	39.9 [35.9-44.3]	0.0241	41.1 [36.1-46.7]	0.0230
	P95 [95% CI]	94.4 [79.0-109.9]	97 [82.6-122]	0.6092	92.9 -	0.3987
PCB-153	MG [95% CI]	70 [<70-80]	56 [50-63]	0.0805	57 [50-66]	0.0953
	P95 [95% CI]	210 [180-240]	132 [123-197]	0.4432	57 [-]	0.3987
PCB-180	MG [95% CI]	50 [46-54]	27 [23-31]	0.1227	26 [22-30]	0.0846
	P95 [95% CI]	150 [140-200]	87 [69-123]	0.2329	88 -	0.1650

Tableau 11: Comparaison des concentrations sériques en PCBs dioxin-like mesurées chez les adolescents wallons (BMH-Wal) et les adolescents de l'étude BIOBRO

Biomarqueur (ng/L)	Estimateur	Wallonie	7 Broyeurs	p-value	Obourg	p-value	6 autres sites	p-value
PCB-105	MG [95% CI]	<5.5 -	<5.5 -	0.0140	<5.5 -	0.0140	<5.5 -	0.4494
	P95 [95% CI]	6.1 [5.6-7.9]	7.0 [5.9-10.3]	0.0603	8.2 -	0.0603	<5.5 -	0.8900
PCB-156	MG [95% CI]	<3.4 -	3.4 [<3.4-3.9]	0.8064	<3.4 -	0.5175	4.1 [3.3-5.2]	0.0539
	P95 [95% CI]	11.0 [10.0-13.4]	12.2 [10.8-14.4]	0.4298	11.8 -	0.4298	12.5 -	0.0528
PCB-114	MG [95% CI]	<1.2 -	<1.2 -	0.6315	<1.2 -	0.6315	-	-
	P95 [95% CI]	1.8 [1.5-3.0]	2.1 [1.7-3.3]	0.8064	1.9 -	0.8064	-	-
PCB-157	MG [95% CI]	<2.1 -	<2.1 -	0.4657	<2.1 -	0.4657	-	-
	P95 [95% CI]	3.3 [2.6-4.9]	3.2 [2.6-3.7]	0.3987	2.9 -	0.3987	-	-
PCB-167	MG [95% CI]	<2.6 -	<2.3 -	0.1788	<2.3 -	0.1788	-	-
	P95 [95% CI]	4.6 [4.4-6.0]	4.0 [3.8-7.3]	0.1650	3.9 -	0.1650	-	-
PCB-189	MG [95% CI]	<2.0 -	<2.0 -	0.2170	<2.0 -	0.2170	-	-
	P95 [95% CI]	<2.0 -	<2.0 -	-	<2.0 -	-	-	-