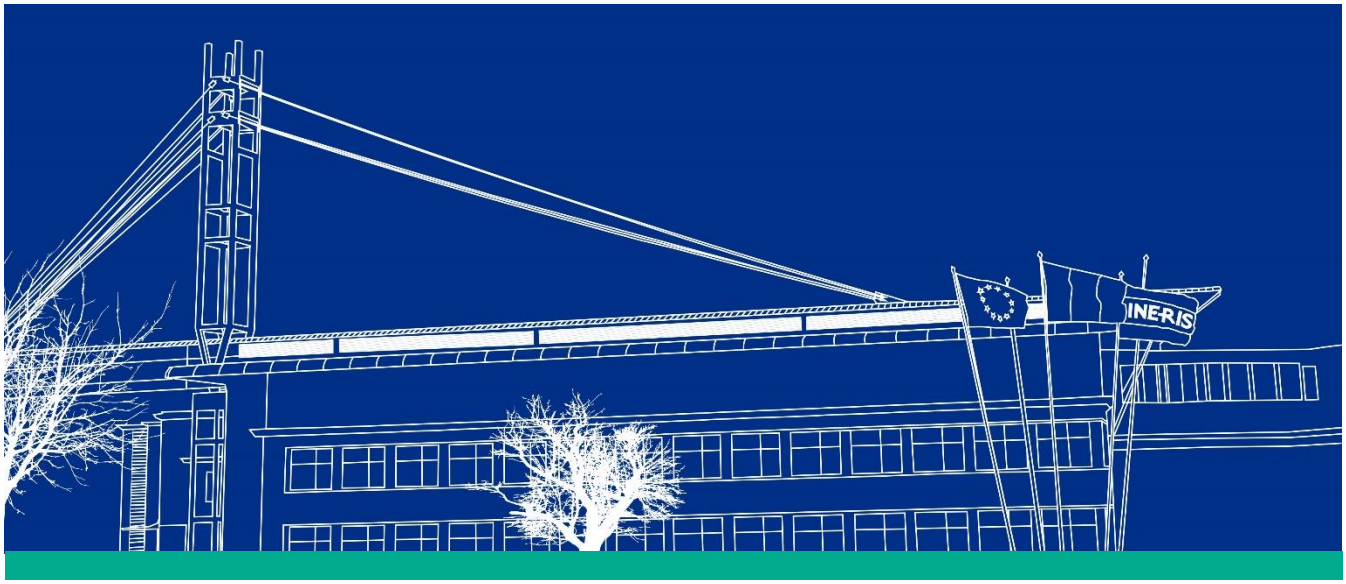
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 221905 - 2838060 - v1.0

03/11/2026

Étude expérimentale visant à améliorer la mise en œuvre du prélèvement surfacique en situation (post-)accidentelle

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION MILIEUX ET IMPACTS SUR LE VIVANT

Rédaction : CULEUX Orane

Vérification : CLAUDE THEO; QUERON JESSICA

Approbation : LEOZ-GARZIANDIA EVA - le 03/11/2026

Liste des personnes ayant participé à l'étude : DIEU Sébastien, FABLE Sébastien, RICHET Christophe

Table des matières

1 Introduction 7
2 Méthodologie 8
2.1 Substances recherchées 8
2.2 Principe du prélèvement surfacique 9
2.3 Organisation des campagnes 9
2.3.1 Détermination de gammes indicatives de niveaux de dépôts surfaciques 9
2.3.2 Comparaison des prélèvements surfaciques par lingette aux prélèvements en jauges . 9
3 Détermination de gammes indicatives de niveaux de dépôts surfaciques 12
3.1 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en ETM 12
3.2 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en HAP 16
3.3 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en PCDD/F et PCB 17
3.4 Principaux constats 20
4 Paramètres d'influence sur le prélèvement surfacique par lingette et limites d'utilisation 20
4.1 Mesure des conditions météorologiques 20
4.2 Observations concernant les ETM 22
4.2.1 Comparaison des mesures d'ETM selon le mode de prélèvement 22
4.2.2 Accumulation des dépôts d'ETM sur les surfaces 25
4.3 Observations concernant les HAP 28
4.3.1 Comparaison des mesures de HAP selon le mode de prélèvement 28
4.3.2 Accumulation des dépôts de HAP sur les surfaces 32
4.4 Observations concernant les PCDD/F 34
4.4.1 Comparaison des mesures de PCDD/F selon le mode de prélèvement 34
4.4.2 Accumulation des dépôts de PCDD/F sur les surfaces 35
4.5 Observations concernant les PCB 36
4.5.1 Comparaison des mesures de PCB selon le mode de prélèvement 36
4.5.2 Accumulation des dépôts de PCB sur les surfaces 39
5 Synthèse et recommandations 42
6 Annexes 43
6.1 Annexe 1 : Surfaces compatibles avec un prélèvement par lingette référencées sur le territoire national 44
6.2 Annexe 2 : Emplacements de prélèvements surfaciques à Verneuil-en-Halatte et Creil 45
6.3 Annexe 3 : Présentations des méthodes d'analyses des échantillons 46
6.3.1 Analyse des HAP dans les lingettes et collecteurs 46
6.3.2 Analyse élémentaire dans les lingettes et collecteurs 46
6.3.3 Analyse des PCDDF et PCB dans les lingettes et collecteurs 46
6.3.4 Normes associées 46
6.4 Annexe 4 : Evolution temporelle des dépôts surfaciques d'ETM 48
6.5 Annexe 5 : Coefficient de comparaison entre prélèvement surfacique et prélèvement par collecteur en fonction du temps et des types de surface. 49
6.6 Annexe 6 : Tableaux de mesures des PCDD/F et PCB 51
6.6.1 Mesures des dioxines et furanes 51
6.6.2 Mesures des PCB indicateurs 55

6.6.3 Mesures des PCB-dl 56

Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie de prélèvement de la surface à investiguer (ASTM D6966) 9
Figure 2 : Schéma des structures de prélèvements 10
Figure 3 : Photographie du dispositif expérimental déployé sur le toit d'un bâtiment de l'Ineris 11
Figure 4 : Cas limites où les intervalles d'incertitudes des deux méthodes sont disjoints 12
Figure 5 : Distribution des dépôts surfaciques d'ETM à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange) 14
Figure 6 : Distribution des dépôts surfaciques de HAP à Verneuil-en-Halatte (en vert) et Creil (en orange) 16
Figure 7 : Distribution des dépôts surfaciques de PCDD/F à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange) 17
Figure 8 : Distribution des dépôts surfaciques de PCB à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange) 18
Figure 9 : Comparaison des stations météo : précipitations en fonction du temps 21
Figure 10 : Comparaison des stations météo : Vent en fonction du temps 21
Figure 11 : Comparaison des stations météo : température en fonction du temps 22

Liste des tableaux

Tableau 1 : Listes des substances recherchées 8
Tableau 2 : Traces d'ETM dans les blancs de lingette (en µg/lingette) 13
Tableau 3 : Ordre de grandeur de valeurs de fonds d'éléments-traces métalliques prélevés par lingette 13
Tableau 4 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques d'ETM à Verneuil-en-Halatte et Creil 15
Tableau 5 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques d'HAP à Verneuil-en-Halatte et Creil 24 valeurs (en ng/lingette) 16
Tableau 6 : Ordres de grandeur de valeurs de fonds des PCDD/F et des PCB prélevés par lingette. 17
Tableau 7 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques de PCDD/F à Verneuil-en-Halatte et Creil – 24 valeurs (en pg/lingette) 19
Tableau 8 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques de PCB à Verneuil-en-Halatte et Creil – 24 valeurs (en pg/lingette) 19
Tableau 9 : Nombre de valeurs pour lesquelles les deux méthodes de prélèvement sont comparables par type de surface et par mois 22
Tableau 10 : Mesures des ETM en fonction du temps sur différentes surfaces et dans les collecteurs (en µg/m^2) 24
Tableau 11 : Mesures des concentrations de ETM dans les dépôts surfaciques en fonction du temps sur la surface horizontale en plastique (en µg/lingette) 26
Tableau 12 : Mesures des concentrations de ETM dans les dépôts surfaciques en fonction du temps sur la surface horizontale en verre (en µg/lingette) 27
Tableau 13 : Comparaison entre un prélèvement d'une surface exposée pendant 2 mois, et un intervalle de valeurs calculé à partir des prélèvements réalisés sur le terrain (en µg/lingette). 28
Tableau 14 : Comparaison des valeurs dépôts de HAP mesurées dans les dépôts atmosphériques par collecteur et les dépôts surfaciques par lingette (pour une exposition d'un mois, en ng/m2) 30
Tableau 15 : Valeurs de HAP dans les dépôts atmosphériques en ng/collecteur en fonction du temps 31
Tableau 16 : Valeurs de HAP dans les lingettes en fonction du temps 33
Tableau 17 : Nombre de congénères de PCDD/F supérieures à la LQ dans les prélèvements surfaciques par mois et par type de surface et dans les prélèvements en collecteurs 34
Tableau 18 : Mesures des PCDD/F dans les collecteurs en fonction du temps en pg/collecteur 34
Tableau 19 : Coefficients de comparaison entre les mesures de PCDD/F en lingette par rapport à celle réalisées par collecteur (uniquement pour le mois de novembre) 35

Tableau 20 : Mesures de deux dioxines sur les surfaces en fonction du temps (en pg/lingette) 36
Tableau 21 : Mesures des PCB en collecteur et sur lingettes (en ng/m^2)..... 37
Tableau 22 : Coefficients de comparaison des mesures réalisées dans les lingettes par rapport à celle réalisées par collecteur (PCB indicateurs dont 118) 38
Tableau 23 : Mesures des PCB dans les prélèvements surfaciques en fonction du temps 40
Tableau 24 : Comparaison entre un prélèvement d'une surface exposée pendant 1 mois, et un intervalle de valeurs calculé à partir des prélèvements réalisés sur le terrain (en pg/lingette). 41
Tableau 25 : Supports référencés sur le territoire national 44
Tableau 26: Localisation des emplacements des prélèvements de la campagne réalisée à Creil et Verneuil-en-Halatte 45
Tableau 27 : Coefficient de comparaison entre une mesure de dépôt d'ETM sur plaque horizontale (HP et VV) et une mesure en collecteur* 49
Tableau 28 : Coefficient de comparaison entre une mesure de dépôt d'ETM sur plaque verticale (VP et VV) et une mesure en collecteur* 50
Tableau 29 : Mesures de dioxines sur la surface horizontale plastique en pg/lingettte..... 51
Tableau 30 : Mesures de dioxines sur la surface horizontale verre en pg/lingette 51
Tableau 31 : Mesures des dioxines sur la surface verticale plastique en pg/lingette 52
Tableau 32 : Mesures des dioxines sur la surface verticale en verre en pg/lingette 52
Tableau 33 : Mesure des PCDD/F dans les prélèvements surfaciques au cours du temps (en pg/lingette) 53
Tableau 34 : Mesures de PCB indicateur (ng/échantillon) sur la surface horizontale plastique..... 55
Tableau 35 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface horizontale en verre (HV)..... 55
Tableau 36 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface verticale en plastique (VP)..... 56
Tableau 37 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface verticale en verre (VV) 56
Tableau 38 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface horizontale en verre (HV) 57
Tableau 39 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface horizontale en plastique (HP) 58
Tableau 40 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface verticale plastique (VP) 59
Tableau 41 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface verticale en verre (VV)..... 59

Glossaire

ETM : élément-trace métallique

HAP : hydrocarbure aromatique polycyclique

HP : surface horizontale en plastique

HV : surface horizontale en verre

PCB : polychlorobiphényles

PCDD/F : polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD ; ou dioxines) et polychlorinated dibenzofurans (PCDF ; ou furanes)

VP : surface verticale en plastique

VV : surface verticale en verre

Résumé

À la suite d'un accident industriel, le prélèvement surfacique par lingette constitue un outil particulièrement utile pour caractériser une contamination déposée sur les surfaces et en identifier la signature chimique. Cependant, les connaissances disponibles reposent principalement sur des travaux de laboratoire et de quelques retours d'expérience, avec peu de données permettant d'en préciser les performances et les limites dans des conditions réelles.

Ce rapport vise à améliorer la mise en œuvre de cette méthode au travers de deux campagnes expérimentales. La première, réalisée à Creil et à Verneuil-en-Halatte, a permis d'établir des gammes indicatives de niveaux de dépôts surfaciques pour 19 éléments-traces métalliques (ETM), 18 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 17 dioxines et furanes (PCDD/F) et 18 polychlorobiphényles (PCB). Les résultats obtenus fournissent des ordres de grandeur exploitables sur des surfaces courantes susceptibles d'être rencontrées lors d'investigations (post-)accidentelles. Par ailleurs, des surfaces typiques, recensées et géolocalisées dans des banques de données en lignes (ex. : boîtes aux lettres de La Poste, bornes incendies, arrêts de bus) ont été listées en annexe afin de faciliter l'établissement d'un plan de prélèvement en situation d'urgence.

La seconde campagne a permis de cerner certains paramètres d'influence sur le prélèvement surfacique par lingette en s'intéressant à l'évolution temporelle des dépôts sur une surface et en comparant les prélèvements surfaciques par lingette à la méthode de référence de collecte des dépôts atmosphériques en jauges (NF X43-014). Les résultats montrent que les dépôts collectés sur les surfaces diminuent rapidement sous l'effet des conditions météorologiques. Pour les ETM, la signature chimique reste généralement identifiable pendant moins de deux mois, tandis que pour les composés organiques (HAP, PCDD/F et PCB), sa persistance apparaît inférieure à un mois. Comme attendu, les surfaces horizontales permettent de recueillir les quantités les plus importantes de dépôts, alors que les surfaces verticales, notamment en verre, présentent généralement des niveaux de fond plus faibles, voire proche des limites de quantification. La surface prélevée doit donc être choisie en adéquation avec la signature chimique ciblée (verticales pour les polluants retrouvés de manière significative dans le fond de dépôt, horizontales pour des polluants très caractéristiques facilement discernables du fond).

Ces travaux apportent, ainsi, des éléments concrets pour interpréter les résultats de prélèvements surfaciques et préciser les conditions dans lesquelles cette méthode est la plus pertinente. Ils soulignent également la nécessité de réaliser les prélèvements le plus rapidement possible après un accident afin de maximiser les chances d'identifier une contamination liée à l'évènement.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Étude expérimentale visant à améliorer la mise en œuvre du prélèvement surfacique en situation accidentelle, Verneuil-en-Halatte-en-Halatte : Ineris - 221905 - v1.0, 03/11/2026.

Mots-clés :

Prélèvement surfacique, lingette, collecteur, dépôts, éléments-traces métalliques, HAP, PCDD/F, PCB, fond

1 Introduction

A la suite d'un accident industriel, il peut être nécessaire de réaliser des prélèvements surfaciques de suies visibles comme décrit dans les guides[1,2] sur les prélèvements à réaliser dans ce cadre. Le prélèvement surfacique par lingette est un outil pertinent en situation (post-)accidentelle pour caractériser la signature chimique dans les suies visibles et pour identifier un éventuel marquage environnemental, c'est-à-dire discriminer les zones impactées des zones non impactées en lien avec le sinistre. Pour fournir un résultat qui puisse être interprété, ce type de prélèvement nécessite des précautions méthodologiques afin de prendre en compte, outre la nature de la lingette, le matériau constituant la surface prélevée et la pollution historique ne provenant pas de l'accident. Ces recommandations s'appuient sur des études menées en laboratoire ainsi que sur des retours d'expérience, notamment celui de l'accident Lubrizol/Normandie Logistique. Toutefois, à notre connaissance, aucune étude de terrain n'a encore permis d'optimiser cette méthode de prélèvement ni d'en caractériser précisément les limites et les conditions d'application. Néanmoins, quelques valeurs de gestions existent en France pour le plomb et en Allemagne pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et furanes (PCDD/F) et les polychlorobiphényles indicateurs (PCBi) comme détaillé dans l'état[3] des lieux des données de dépôts atmosphériques prélevés par collecteurs ou par lingettes établi par l'Ineris.

Il s'avère donc nécessaire d'acquérir des données plus précises sur le prélèvement surfacique par lingette en documentant des niveaux de fond sur des surfaces typiques, aussi représentatives que possible de celles qui peuvent être rencontrées et repérées sur le territoire. Les limites du prélèvement surfacique doivent également être explorées en le comparant à une méthode de référence des niveaux de dépôts couramment employée dans le cadre de la surveillance industrielle[4]. Cette démarche permettra d'encadrer plus précisément les conditions dans lesquelles le prélèvement surfacique reste pertinent afin de privilégier certaines configurations (matériaux constituant la surface, l'orientation…) et mieux comprendre l'influence de certains paramètres (substances prélevées, délai avant prélèvement, les conditions météorologiques…).

Ainsi, ce rapport présente les résultats d'une campagne réalisée dans les villes de Creil et de Verneuil-en-Halatte afin d'établir des gammes de niveaux de dépôts surfaciques. Ces gammes ne reflètent pas la pollution historique susceptible d'être présente localement sur un territoire donné. Elles fournissent toutefois des ordres de grandeur des niveaux de dépôt sur un grand nombre de substances susceptibles d'être prélevées en situation accidentelle sur des surfaces situées dans n'importe quelle commune en France. Une seconde partie rapporte le résultat d'une campagne comparant des prélèvements surfaciques sur des surfaces contrôlées à des prélèvements par collecteur (méthode de référence de prélèvement de dépôt atmosphérique) réalisés sur le site de l'Ineris à Verneuil-en-Halatte.

---

[1] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Guide d'intervention pour la réalisation des prélèvements environnementaux en phases d'urgence et de suivi immédiat d'un accident industriel, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 230517 - 2839279 - v0.5, 2026.

[2] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Guide sur la stratégie de prélèvements et d'analyses à réaliser suite à un accident technologique - cas de l'incendie, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 203529 - v2.0, 09/02/2023 version 3.

[3] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Etat des lieux des données de dépôts atmosphériques prélevés par jauges ou par lingettes, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 221905 - v1.0, Décembre 202503/11/2026.

[4] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Surveillance dans l'air autour des installations classées - Retombées des émissions atmosphériques, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 201065 - 2172207 - v1.0, 21/09/2021.

2 Méthodologie

2.1 Substances recherchées

Cette étude cible 4 principales familles de polluants : les éléments traces métalliques (ETM), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et furanes (PCDD/F) et les polychlorobiphenyles (PCB) dont les composés ciblés sont détaillés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Listes des substances recherchées

ETM	HAP	PCDD/F	PCB
Argent (Ag)	Naphtalène (NAP)	2,3,7,8-TCDD	3,3',4',5-TCB (PCB 81)
Aluminium (Al)	Acénaphtylène (ACY)	1,2,3,7,8-PeCDD	3,3',4,4'-TCB (PCB 77)
Arsenic (As)	Acénaphtène (ACE)	1,2,3,4,7,8-HxCDD	2',3,4,4',5-PeCB (PCB 123)
Baryum (Ba)	Fluorène (FLU)	1,2,3,6,7,8-HxCDD	2,3',4,4',5-PeCB (PCB 118)
Béryllium (Be)	Anthracène (ANT)	1,2,3,7,8,9-HxCDD	2,3,4,4',5-PeCB (PCB 114)
Cadmium (Cd)	Phénanthrène (PHE)	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	2,3,3',4,4'-PeCB (PCB 105)
Cobalt (Co)	Fluoranthène (FLT ou LFA)	OCDD	3,3',4,4',5-PeCB (PCB 126)
Chrome (Cr)	Pyrène (PYR)	2,3,7,8-TCDF	2,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB 167)
Cuivre (Cu)	Benzo(a)anthracène (BaA)	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,3',4,4',5-HxCB (PCB 156)
Fer (Fe)	Chrysène (CHR)	2,3,4,7,8-PeCDF	2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB 157)
Mercure (Hg)	Benzo(a)pyrène (BaP)	1,2,3,4,7,8-HxCDF	3,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB 169)
Lithium (Li)	Benzo(e)pyrène (BeP)	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (PCB 189)
Manganèse (Mn)	Benzo(b)fluoranthène (BbF)	2,3,4,6,7,8-HxCDF	2,4,4'-TrCB (PCBi 28)
Nickel (Ni)	Benzo(j)fluoranthène (BjF)	1,2,3,7,8,9-HxCDF	2,2',5,5'-TeCB (PCBi 52)
Phosphore (P)	Benzo(k)fluoranthène (BkF)	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2,2',4,5,5'-PeCB (PCBi 101)
Plomb (Pb)	Benzo(ghi)pérylène (BghiP)	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	2,2',3,4,4',5'-HxCB (PCBi 138)
Soufre (S)	Indeno(1,2,3-cd)pyrène (IcdP)	OCDF	2,2',4,4',5,5'-HxCB (PCBi 153)
Antimoine (Sb)	Dibenzo(ah)anthracène (DahA)		2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCBi 180)
Sélénium (Se)			
Silicium (Si)			
Etain (Sn)			
Tellure (Te)			
Titane (Ti)			
Thallium (Tl)			
Vanadium (V)			
Zinc (Zn)			

Cas spécifique des dioxines et furanes

Les dioxines (PCDD) et les furanes (PCDF) sont des composés très stables, peu biodégradables et de caractère lipophile, ce qui leur confère un fort potentiel de bioaccumulation. Les dioxines regroupent 75 congénères et les furanes 135, qui se distinguent principalement par le nombre et la position des atomes de chlore. Parmi ces 210 congénères, tous ne présentent pas la même toxicité ; seuls les 17 congénères reconnus comme les plus toxiques sont généralement pris en compte dans les évaluations des retombées atmosphériques.

Afin de comparer leur toxicité relative, un indice d'équivalent toxique (I-TEQ) a été défini, basé sur la dioxine de référence dite « dioxine de Seveso » (2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, TCDD), à laquelle est attribué un facteur d'équivalence toxique (I-TEF) égal à 1. Les autres congénères se voient attribuer un facteur I-TEF compris entre 0,003 et 1, proportionnel à leur nocivité (OMS, 2005). L'indice TEQ correspond à la somme des concentrations de chaque congénère pondérée par leur I-TEF.

Deux approches sont utilisées pour le calcul du TEQ :

- TEQ minimum (TEQmin) : les concentrations inférieures à la limite de quantification (LQ) sont considérées comme nulles ;
- TEQ maximum (TEQmax) : les concentrations inférieures à la LQ sont remplacées par la valeur de la LQ.

Ces deux calculs permettent d'encadrer les résultats dans une gamme de valeurs plausibles.

2.2 Principe du prélèvement surfacique

Les prélèvements surfaciques par lingettes imprégnées d'eau déionisée, ont été réalisés sur une surface normalisée par un gabarit de 10 cm x 10 cm, en accord avec les recommandations du rapport de l'Ineris[5] sur le choix des lingettes et avec le protocole de prélèvement associé.



Figure 1 : Méthodologie de prélèvement de la surface à investiguer (ASTM D6966)[6]

Les résultats sont présentés dans les unités suivantes :

- µg/lingette (= µg/100cm^2 = 100 µg/m^2) pour les ETM,
- ng/lingette (= ng/100cm^2 = 100 ng/m^2) pour les HAP et PCB indicateurs,
- pg/lingette (= pg/100cm^2 = 100 pg/m^2) pour les PCDDF et PCB-dl.
-

2.3 Organisation des campagnes

Cette partie vise à présenter l'organisation mise en œuvre durant les deux campagnes, à savoir la campagne de mesures de gammes de niveaux de dépôts surfaciques et la campagne ciblant l'évolution temporelle des niveaux de dépôts sur une surface et de comparaison du prélèvement surfacique à la méthode de référence de collecte de dépôts atmosphériques.

2.3.1 Détermination de gammes indicatives de niveaux de dépôts surfaciques

La campagne a eu lieu en hiver et en été de l'année 2023 sur des supports localisés à Verneuil-en-Halatte (assimilé à une influence rurale) et à Creil (assimilée à une influence urbaine) dans le département de l'Oise (60). Ces supports ont été sélectionnés car ils sont à la fois adaptés au prélèvement surfacique et répandus sur le territoire métropolitain, et donc susceptibles d'être exploités en situation accidentelle. Cette sélection a fait l'objet d'une étude en soi, l'inventaire obtenu est disponible en Annexe 1. Six emplacements ont été retenus pour chaque ville et leurs coordonnées géographiques sont référencées en Annexe 2.

2.3.2 Comparaison des prélèvements surfaciques par lingette aux prélèvements en jauges

La campagne a été réalisée sur le toit d'un bâtiment de l'Ineris pendant 6 mois, d'août 2023 à février 2024.

[5] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Choix des lingettes à utiliser pour la réalisation de prélèvements surfaciques lors des accidents industriels, Verneuil-en-Halatte-en-Halatte : Ineris - 206743 - v1.0, 25/05/2023.
[6] Photo issue de : Institut national de l'environnement industriel et des risques, Guide sur la stratégie de prélèvements et d'analyses à réaliser suite à un accident technologique - cas de l'incendie, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 203529 - v2.0, 09/02/2023 version 3.

Prélèvement surfacique

Quatre plaques quadrillées de 15 cm x 15 cm correspondant à deux matériaux différents (en PVC et en verre) dans deux orientations différentes (verticale et horizontale) comme illustré à la Figure 2, nettoyées préalablement à l'isopropanol et à l'eau distillé, ont été installées sur le toit de l'Ineris, en parallèle de collecteurs de dépôt totaux. Pour espérer obtenir des valeurs de dépôts supérieures aux limites de quantification, les collecteurs sont, en général, exposés 1 mois. Les prélèvements surfaciques et les changements de collecteurs sont donc espacés d'un mois.

Le quadrillage a été défini de la manière suivante pour la structure verticale et horizontale :

- Une ligne correspond à une famille de polluants (ETM, HAP, PCDD/F+PCB)
- Une colonne correspond au nombre de mois d'exposition (1er colonne, 1 mois d'exposition ; 6ème colonne, 6 mois d'exposition)

Chaque mois, deux prélèvements ont été réalisés pour chaque famille de polluants : l'un dans la colonne *i* et un deuxième dans la colonne *i-1*. Le prélèvement réalisé dans la colonne *i* correspond à une exposition d'une durée de *i* mois. Quant au prélèvement réalisé dans la colonne *i-1*, il correspond à une exposition d'un mois, car la zone a été prélevée, et nettoyée, le mois précédent.

Par exemple, début janvier, les prélèvements ont été réalisés sur la colonne *i=5* pour des prélèvements et sur la colonne *i=4*. Le prélèvement réalisé sur la colonne *i=5* correspond à une exposition de 5 mois. Le prélèvement réalisé sur la colonne *i=4* correspond à une exposition d'un mois seulement (le mois de décembre) car l'emplacement en *i=4* a déjà été prélevé début décembre.

Deux blancs de lingette par famille chimique et un seul blanc par type de surface ont été réalisés au démarrage de la campagne afin d'identifier une éventuelle contamination provenant du support, du lot de lingettes ou du procédé analytique.

Les blancs de surfaces sont réalisés lors de la mise en place des supports en colonne i=1.

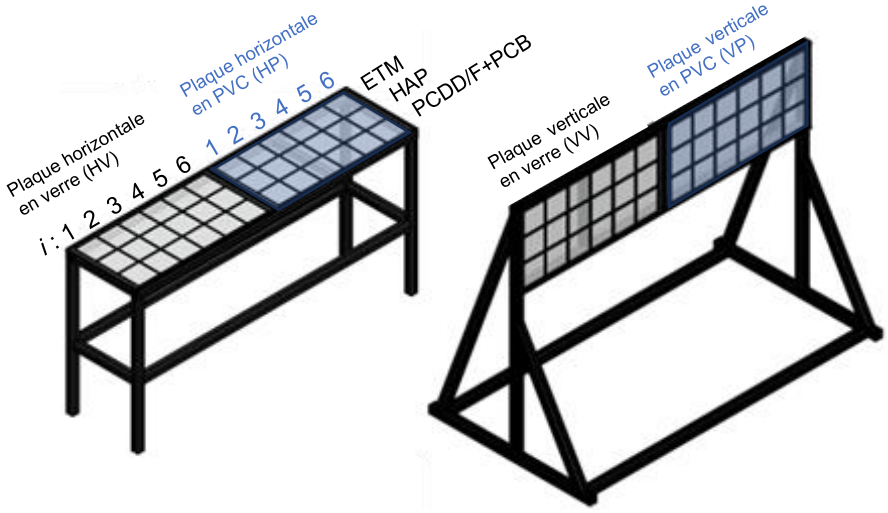


Figure 2 : Schéma des structures de prélèvements

Prélèvement par collecteurs/jauges (prélèvement de référence)

Les prélèvements sont effectués selon la norme X43-014. Les collecteurs sont positionnés sur des supports à 1,5 m du sol, les collecteurs destinés à une analyse des ETM sont en polyéthylène haute densité tandis que celle dédiées aux organiques sont en verre préalablement calciné. Les parois de ces dernières sont recouvertes de feuilles d'aluminium pour limiter l'action des rayons ultraviolets sur les dépôts recueillis. Il pouvait arriver que les eaux de précipitations débordent du collecteur et restent dans l'entonnoir. Dans ce cas précis, ce volume d'eau supplémentaire était recueilli et analysé séparément du collecteur. La durée d'exposition était d'un mois par jauge, pendant six mois de campagne.

Les prélèvements surfaciques mensuels et les changements de collecteurs étaient concomitants.

Mesure des conditions météorologiques

Une station météorologique autonome a été installée en parallèle des moyens de prélèvements afin d'enregistrer la température, les précipitations et les vents subis par les supports et les collecteurs tout au long de la campagne comme présenté à la Figure 3.



Figure 3 : Photographie du dispositif expérimental déployé sur le toit d'un bâtiment de l'Ineris

Calcul du coefficient de comparaison entre les méthodes

Les résultats obtenus à partir des prélèvements surfaciques, dont les surfaces ont été exposées un mois, sont comparés aux valeurs de référence issues des prélèvements de dépôts atmosphériques par collecteur.

Les valeurs de concentrations mesurées sur les surfaces et dans les collecteurs ont été converties dans la même unité (en µg/m^2) pour qu'elles soient comparables entre elles. Un coefficient de comparaison est calculé à partir d'une différence relative en prenant en compte la valeur mesurée en collecteur comme référence.

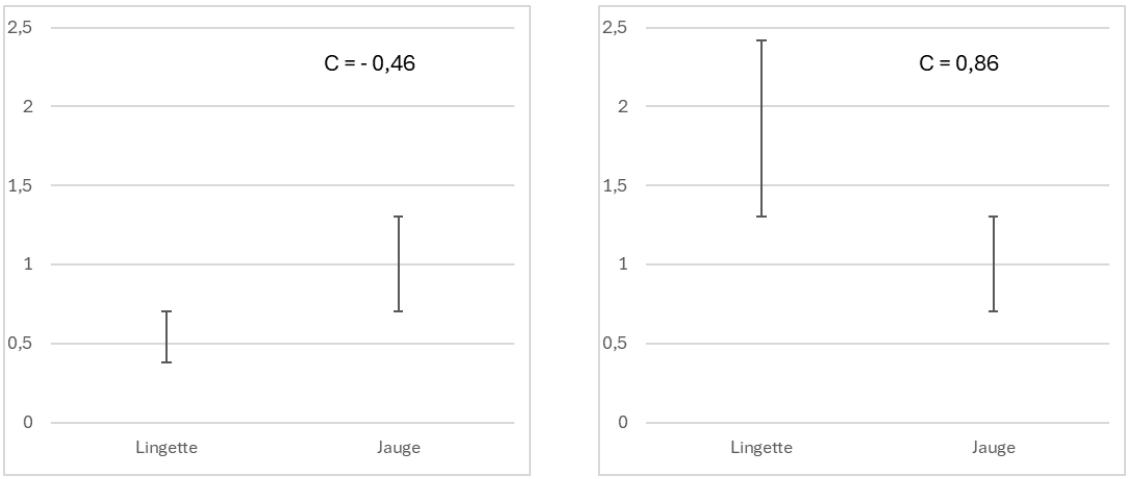
$$C = \frac{\text{Mesure surfacique} - \text{Mesure en collecteur}}{\text{Mesure en collecteur}}$$

Dans ce cadre, les incertitudes concernant les mesures par prélèvement par collecteurs et par lingette sont estimées à 30% chacune[7]. Pour les prélèvements surfaciques, cette incertitude est une hypothèse

[7] Pour les collecteurs, nous nous sommes appuyés sur les intervalles de confiance rapportés dans la norme NF X43-014 et basés sur le rapport INERIS-DRC-13-136338-06193C ainsi que d'anciennes campagnes de prélèvement réalisées par l'Ineris. Pour les lingettes, les études réalisées dans le cadre du réseau des intervenants en situation post-accidentelle (RIPA) montrent une incertitude de 5 à 30% due à l'analyse et au rendement de récupération des polluants sur un support lisse pour les ETM et les HAP. Ainsi, une estimation de l'incertitude à 30% dans des conditions de supports propres et lisses parait raisonnable.

de travail, plausible pour une étude sur des supports contrôlés mais certainement sous-estimée pour des prélèvements sur le terrain.

Figure 4 : Cas limites où les intervalles d'incertitudes des deux méthodes sont disjoints



Par la suite, les valeurs mesurées sur les surfaces et par collecteur sont considérées comme comparables lorsque le coefficient de comparaison vérifie :

$$-0{,}46 \leq C \leq 0{,}86$$

Persistance des polluants au cours du temps

Pour caractériser la persistance des dépôts atmosphériques sur les surfaces, les concentrations mesurées pour une exposition d'un mois et les expositions cumulées sur plusieurs mois sont présentées sur un même tableau dans chaque partie. Celui-ci synthétise ainsi l'évolution mensuelle des dépôts et permet de comparer directement les résultats obtenus à une date donnée pour des durées d'exposition différentes. Une accumulation est susceptible d'être observée lorsque le flux de dépôt des substances caractérisées dépasse les mécanismes de diminution des dépôts, notamment le lessivage par les précipitations, la remise en suspension par l'action du vent et les processus de dégradation tels que l'exposition aux UV.

3 Détermination de gammes indicatives de niveaux de dépôts surfaciques

Cette partie présente les valeurs de fonds en ETM, HAP, PCDD/F et PCB obtenues à partir des prélèvements réalisés à Creil et à Verneuil-en-Halatte.

De manière générale, il n'y a pas de différences statistiquement significatives ni entre les mesures réalisées à Verneuil-en-Halatte (environnement plutôt rural) et à Creil (environnement plutôt urbain) ni sur la saison de prélèvement. Les tableaux statistiques sont donc présentés, sans distinction d'environnement ou de saison, pour l'ensemble des emplacements investigués. Ainsi, les résultats sont présentés pour des échantillons statistiques de 24 mesures par substance.

Les valeurs inférieures à la limite de quantification sont remplacées par la moitié de celle-ci dans le cadre du traitement statistique.

3.1 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en ETM

Différents éléments-traces métalliques sont présents dans les blancs de lingettes. Il s'agit principalement du soufre, du silicium et du phosphore entre autres (Tableau 2).

Les valeurs de fond d'ETM dans les prélèvements de lingettes sont supérieures aux blancs et à la limite de quantification, sauf pour l'argent, le tellure et le thallium. Les substances, rangées par catégorie

d'ordre de grandeurs en µg/lingette, figurent dans le Tableau 3. Les éléments les plus présents, en masse, sont l'aluminium, du fer et du silicium allant de plusieurs centaines à quelques milliers de µg/lingette.

Tableau 2 : Traces d'ETM dans les blancs de lingette (en µg/lingette)

Substance	LQ	Blanc de lingette 1	Blanc de lingette 2	Substance	LQ	Blanc de lingette 1	Blanc de lingette 2
Ag	0,013	<LQ	<LQ	Ni	0,025	<LQ	<LQ
Al	0,125	0,749	0,846	P	5	22,4	26,3
As	0,005	0,089	0,098	Pb	0,013	<LQ	<LQ
Ba	0,005	0,1	0,092	S	5	74,9	82,5
Be	0,005	<LQ	<LQ	Sb	0,05	0,034	0,036
Cd	0,005	<LQ	<LQ	Se	0,05	<LQ	<LQ
Co	0,005	<LQ	<LQ	Si	5	30,5	34,1
Cr	0,013	0,036	0,04	Sn	0,005	<LQ	0,009
Cu	0,013	0,257	0,293	Te	0,005	<LQ	<LQ
Fe	0,05	3,02	2,95	Ti	0,013	0,151	0,269
Hg	0,001	<LQ	<LQ	Tl	0,005	<LQ	<LQ
Li	0,025	<LQ	<LQ	V	0,005	0,009	0,01
Mn	0,005	0,111	0,12	Zn	0,125	40,5	46,2

Tableau 3 : Ordre de grandeur de valeurs de fonds d'éléments-traces métalliques prélevés par lingette

Catégorie d'ordre de grandeur en µg/lingette	Substances
10^2 - 10^3	Al, Fe, Si
10 - 10^2	Ba, P, S, Ti, Zn
1 - 10	Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn, V
10^{-2} - 1	Ag, As, Be, Cd, Co, Li, Sb, Se,
< 10^{-2}	Hg, Te, Tl

La Figure 5 présente des distributions pour les valeurs des niveaux de fond en ETM mesurés à Verneuil-en-Halatte (en vert) et Creil (en orange). Les limites de quantification (pointillés rouges) ainsi que les valeurs des substances dans les blancs de lingettes (pointillés noir) sont également représentées pour chaque substance.

Ces dernières sont représentées lorsqu'elles sont supérieures à la limite de quantification. Les valeurs du tellure étant presque toutes inférieures à la limite de quantification ne sont pas représentées.

En moyenne, la variance des niveaux de dépôt surfacique mesurés à Creil est plus faible qu'à Verneuil-en-Halatte. Ce constat est cohérent avec les influences présumées : sous influence rurale, les dépôts peuvent être dominés par des événements ponctuels locaux (travaux, moissons…) tandis que la pollution urbaine peut être plus homogène sur l'agglomération.

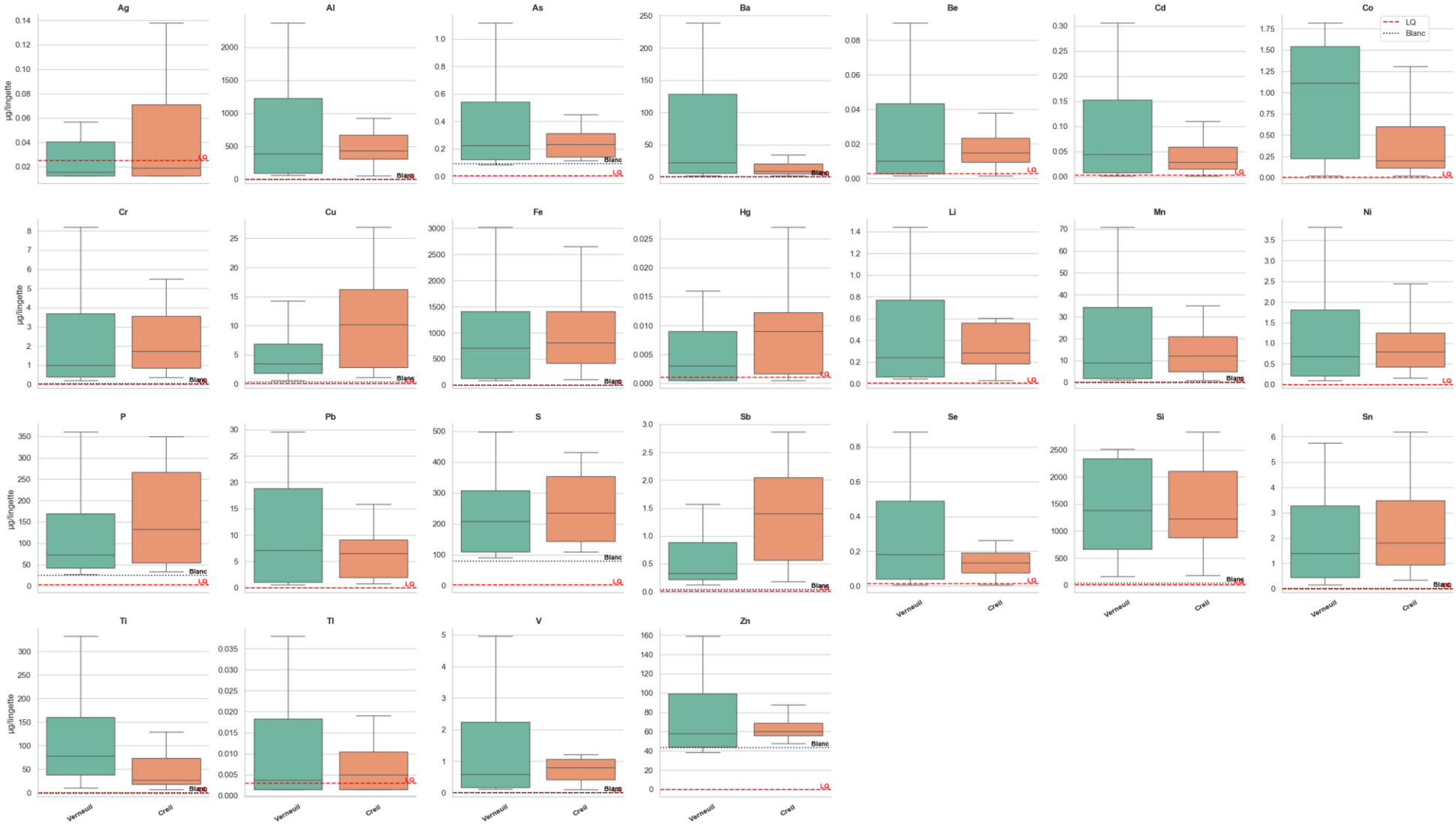


Figure 5 : Distribution des dépôts surfaciques d'ETM à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange)

Tableau 4 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques d'ETM à Verneuil-en-Halatte et Creil 24 valeurs - (en µg/lingette)

	Min (µg/lingette)	Max (µg/lingette)	Moyenne (µg/lingette)	Médiane (µg/lingette)	Intervalle de confiance à 95% (µg/lingette)		Écart-type (µg/lingette)	Nb de valeurs supérieures à la LQ (en %)
Ag	1.10^{-02}	0,14	0,04	0,02	0,02	0,50	0,04	50
Al	51	3550	758	411	431	1084	934	100
As	8.10^{-02}	1,1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	100
Ba	1,61	439	68	14	28	108	115	100
Be	2.10^{-03}	0,10	0,02	0,02	0,01	0,3	0,03	88
Cd	2.10^{-03}	6	0,3	0,03	0	0,7	1,2	92
Co	2.10^{-02}	7	1	0,4	0,5	1,6	1,6	100
Cr	0,2	12	2,7	1,3	2,6	3,8	3,1	100
Cu	1	27	9	5	6	12	9	100
Fe	90	3620	1028	811	688	1367	971	100
Hg	5.10^{-04}	3.10^{-02}	7.10^{-03}	5.10^{-03}	5.10^{-03}	1.10^{-02}	7.10^{-03}	71
Li	3.10^{-02}	3	0,5	0,2	0,3	0,8	0,7	100
Mn	1	88	20	11	11	28	23	100
Ni	0,1	3,8	1,0	0,8	0,7	1,4	1,0	100
P	27	361	143	88	102	185	118	100
Pb	1	33	10	7	6	13	10	100
S	91	498	238	228	196	280	119	100
Sb	0,1	3	1	0,6	0,7	1,3	0,8	100
Se	0,01	1,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,3	92
Si	163	10200	2120	1365	1231	3008	2540	100
Sn	0,2	6,2	2,2	1,8	1,6	2,9	1,9	100
Te	2.10^{-03}	1.10^{-02}	2.10^{-03}	2.10^{-03}	2.10^{-03}	3.10^{-03}	2.10^{-03}	17
Ti	8	332	86	42	53	118	93	100
Tl	2.10^{-03}	4.10^{-02}	1.10^{-02}	5.10^{-03}	6.10^{-03}	1.10^{-02}	1.10^{-02}	58
V	0,1	10,2	1,4	0,7	0,6	2,3	2,2	100
Zn	39	278	78	60	60	97	52	100

3.2 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en HAP

Dans les blancs de lingette, aucun HAP n'a été retrouvé au-dessus de la limite de quantification (10 ng/lingette). Parmi les résultats des prélèvements, seuls le fluoranthène et le pyrène ont respectivement 75% et 50% de leurs valeurs qui sont supérieures à la limite de quantification et pour lesquelles les quantités mesurées sont les plus grandes. Ainsi, la Figure 6 présente les distributions des dépôts surfaciques de HAP mesurés dans les deux villes, suivie du Tableau 5 qui en présente les valeurs statistiques.

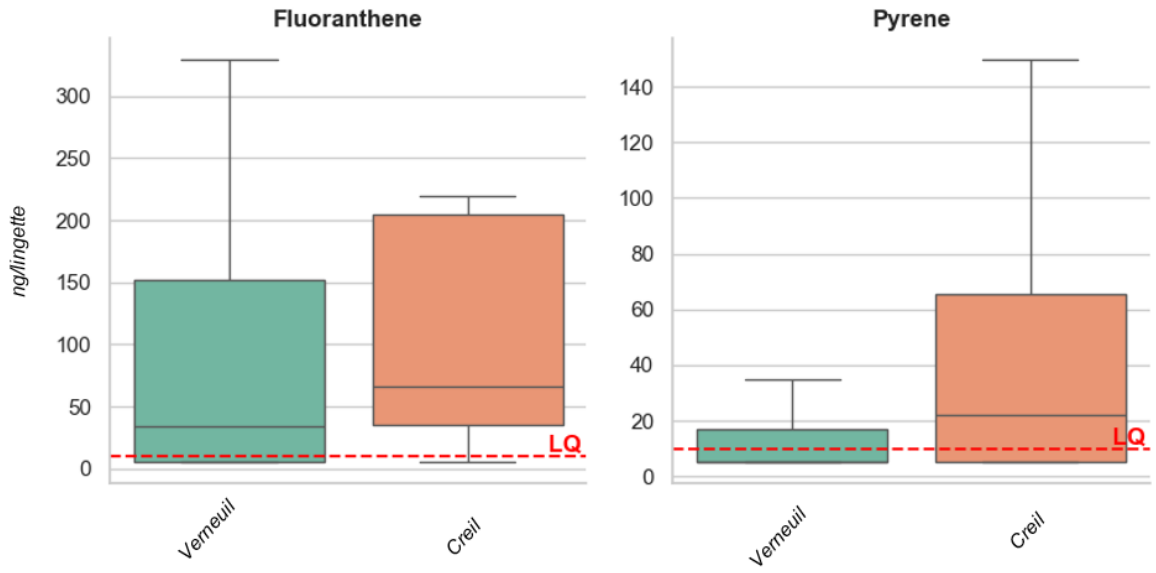


Figure 6 : Distribution des dépôts surfaciques de HAP à Verneuil-en-Halatte (en vert) et Creil (en orange)

Tableau 5 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques d'HAP à Verneuil-en-Halatte et Creil 24 valeurs (en ng/lingette)

	Min (ng/lingette)	Max (ng/lingette)	Moyenne (ng/lingette)	Médiane (ng/lingette)	Intervalle de confiance à 95% (ng/lingette)		Écart-type (ng/lingette)	Nb de valeurs supérieures à la LQ (en %)
Naphtalene	5	33	6	5			6	4
Acenaphtene	5	24	6	5			4	4
Fluorene	5	16	5	5			2	4
Phenanthrene	5	370	23	5			74	25
Anthracene	5	35	7	5			7	13
Fluoranthene	5	1000	156	47	73	238	234	75
Pyrene	5	390	43	8	14	72	83	50
Benzo(a)anthracene	5	55	12	5			15	25
Chrysene	5	120	26	5			40	38
Benzo(e)pyrene	5	89	17	5			24	33
Benzo(j)fluoranthene	5	93	16	5			21	38
Benzo(b)fluoranthene	5	120	24	5			34	38
Benzo(k)fluoranthene	5	50	11	5			13	25
Benzo(a)pyrene	5	68	14	5			19	33
Dibenzo(ah)anthracene	5	18	6	5			3	13
Benzo(ghi)perylene	5	69	14	5			19	33
Indeno(123cd)pyrene	5	24	7	5			5	17
Acenaphtylene		< 5						0

3.3 Valeurs de fond de dépôts surfaciques en PCDD/F et PCB

Dans les blancs de lingettes, aucun congénère de PCDD, PCDF ou PCB n'ont été trouvé au-dessus des limites de quantification. Les PCB indicateurs et le PCB 105 et les congénères 1,2,3,4,6,7,8-HpCD/F et les OCDD/F sont les plus abondant en masses (Tableau 6) mais ayant l'un des facteurs de toxicité les plus faibles selon l'OMS_{2005}. Cette observation est compatible avec les données issues de la littérature scientifique[8]. La Figure 8 présente des distributions des PCDD/F et PCB les plus abondantes à Creil et à Verneuil-en-Halatte. Comme observé pour les autres familles chimiques, il n'y a pas de distinction entre les deux environnements, ainsi le Tableau 7 présente les valeurs statistiques sur l'ensemble des mesures réalisées pour chacun des congénères.

Tableau 6 : Ordres de grandeur de valeurs de fonds des PCDD/F et des PCB prélevés par lingette.

Catégorie d'ordre de grandeur en pg/lingette	Congénères
10^2	PCB indicateurs (dont le 118)
10 - 10^2	PCB 105
10	Autres PCB-dl et 1234678 HpCD/F et OCDD/F
~ 1	Autres

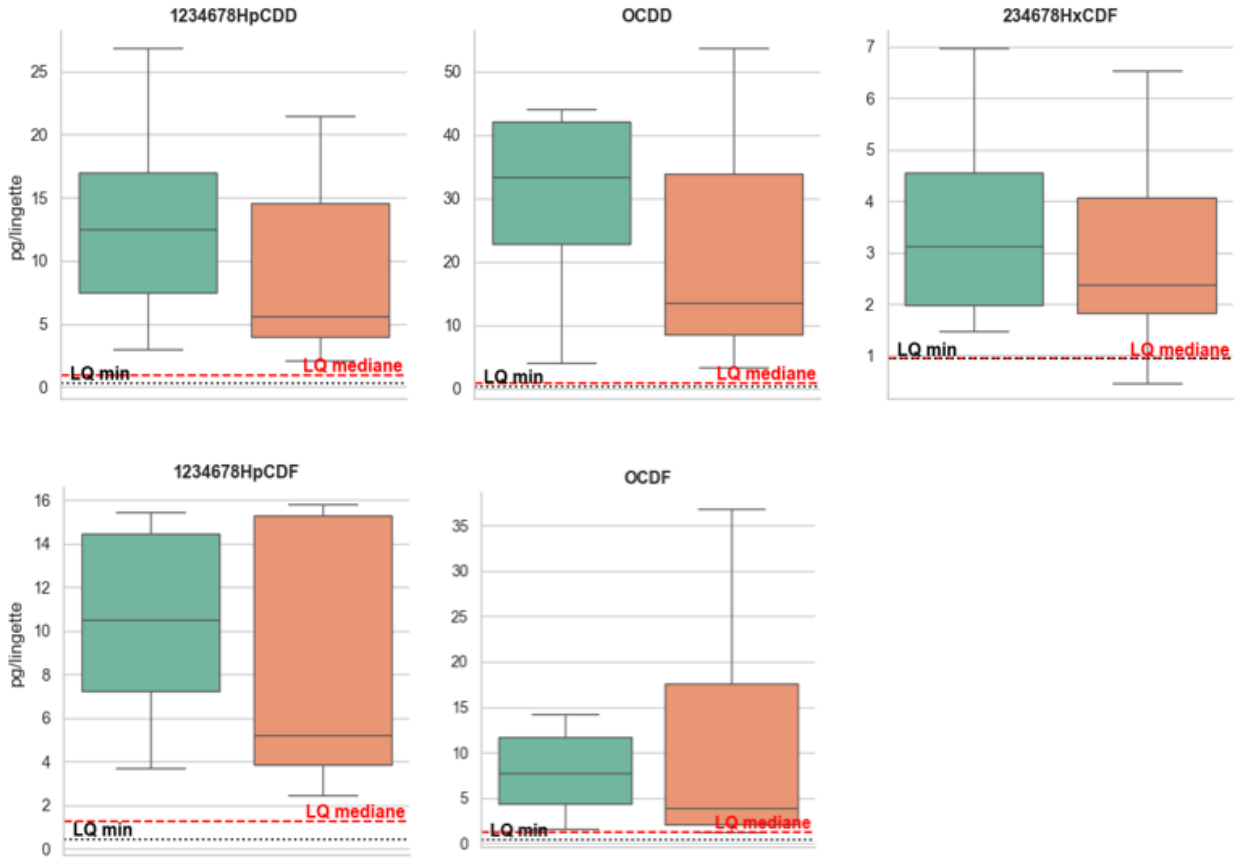


Figure 7 : Distribution des dépôts surfaciques de PCDD/F à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange)

[8] Van den Berg M, Birnbaum LS et al. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. Toxicol Sci. 2006 Oct;93(2):223-41. doi: 10.1093/toxsci/kfl055. Epub 2006 Jul 7. PMID: 16829543; PMCID: PMC2290740.

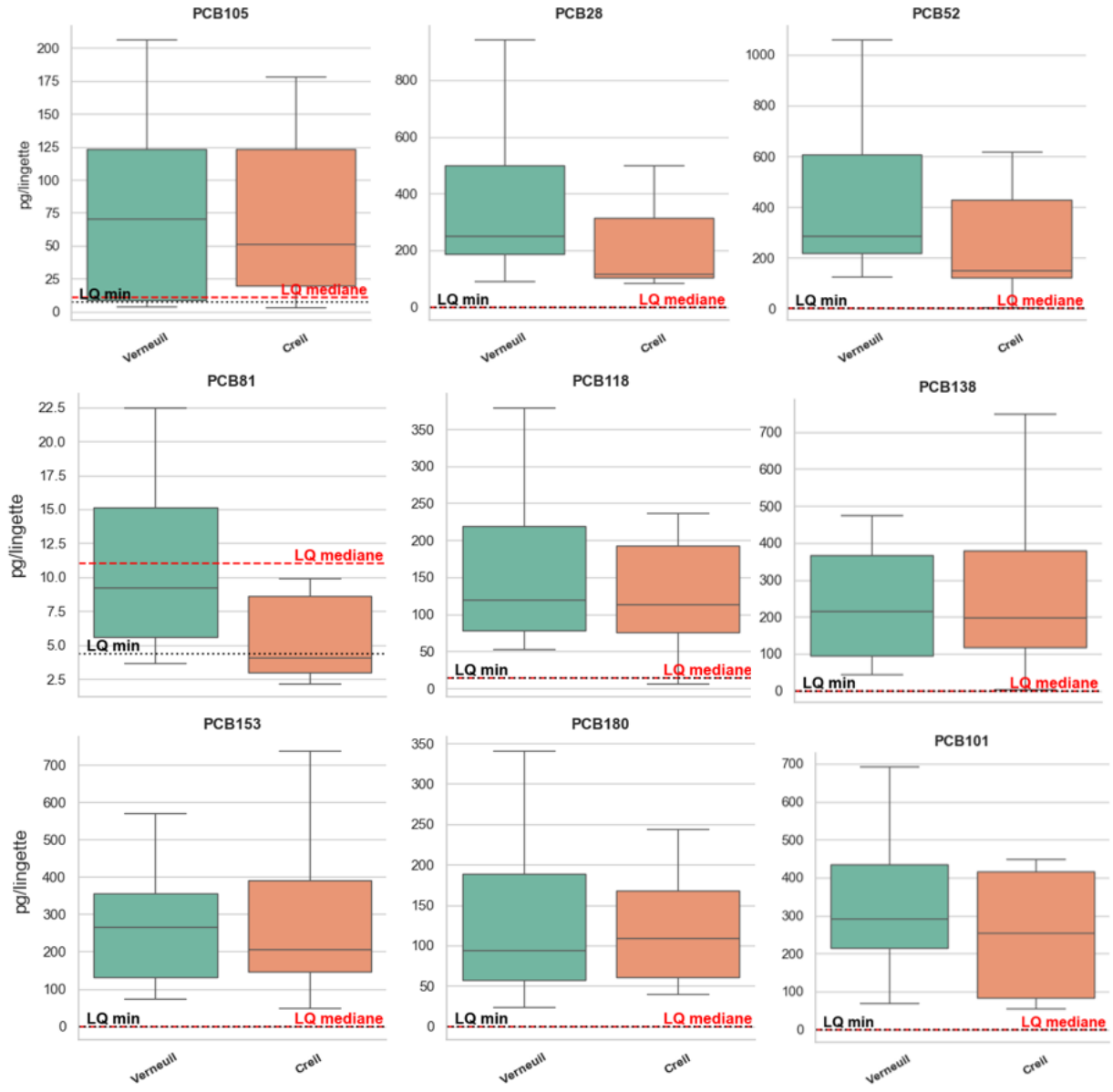


Figure 8 : Distribution des dépôts surfaciques de PCB à Verneuil-en-Halatte (en vert) et à Creil (en orange)

Afin d'optimiser la lisibilité, la Figure 7 et la Figure 8 présentent une sélection des substances ayant le plus grand nombre de valeurs supérieures à la limite de quantification. Les limites de quantification pouvant varier selon l'analyse, une ligne pontillée noire indique la limite de quantification minimale (LQ min) pour chaque substance, tandis qu'une ligne pointillée rouge représente la limite de quantification médiane (LQ médiane).

Tableau 7 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques de PCDD/F à Verneuil-en-Halatte et Creil – 24 valeurs (en pg/lingette)

		Min (pg/lingette)	Max (pg/lingette)	Moyenne (pg/lingette)	Médiane (pg/lingette)	Intervalle de confiance à 95% (pg/lingette)		Écart-type (pg/lingette)	Nb de valeurs supérieures à la LQ (en %)
Dioxines	2378TCDD		< 2						0
	12378PeCDD	0,2	4	1	1			1	17
	123478HxCDD	0,2	2	1	1			1	21
	123678HxCDD	0,2	12	2	1	1	3	2	54
	123789HxCDD	0,2	4	1	1			1	38
	1234678HpCDD	2	102	18	9	9	27	26	100
	OCDD	3	293	45	27	22	67	64	100
Furanes	2378TCDF	0,2	6	2	1			1	42
	12378PeCDF	1	6	2	2	2	3	2	50
	23478PeCDF	0,4	5	2	1			2	33
	123478HxCDF	0,4	16	2	1			3	33
	123678HxCDF	0,3	20	3	1	1	4	4	50
	234678HxCDF	0,5	14	4	2	3	5	3	96
	23789HxCDF	0,4	4	2	1	1	2	1	50
	1234678HpCDF	2	124	15	9	6	24	26	100
	1234789HpCDF	0,2	12	2	1	1	3	3	71
	OCDF	1	89	13	6	6	20	20	100

Tableau 8 : Valeurs statistiques des dépôts surfaciques de PCB à Verneuil-en-Halatte et Creil – 24 valeurs (en pg/lingette)

		Min (pg/lingette)	Max (pg/lingette)	Moyenne (pg/lingette)	Médiane (pg/lingette)	Intervalle de confiance à 95% (pg/lingette)		Écart-type (pg/lingette)	Nb de valeurs supérieures à la LQ (en %)
PCB-dl	PCB81	2	50	11	7	7	15	12	100
	PCB77	2	130	25	15			29	46
	PCB123	3	82	21	13	13	29	22	50
	PCB118*	7	791	182	119	118	246	182	96
	PCB114	1	56	7	4			11	8
	PCB105	4	385	90	58	55	125	100	71
	PCB126	1	188	13	5			37	4
	PCB167	1	62	22	19	15	28	19	50
	PCB156	1	118	26	7			34	42
	PCB157	2	130	14	5			26	17
	PCB169	1	147	13	5			29	4
	PCB189	1	202	13	2			41	13
PCBi	PCB28	84	10632	734	236	0	1478	2125	100
	PCB52	6	8022	661	263	104	1217	1590	96
	PCB101	56	2319	387	291	222	552	471	100
	PCB138	5	750	253	198	185	321	195	96
	PCB153	48	738	279	212	211	346	194	100
	PCB180	24	363	130	109	97	162	93	96

*PCB 118 est aussi un indicateur

3.4 Principaux constats

Les concentrations des polluants recherchés pour les familles ETM, PCDD/F et PCB sont majoritairement supérieures aux limites de quantification et aux concentrations mesurées sur les blancs de lingette. De plus, les valeurs de fond d'ETM, de HAP, de PCDD/F et de PCB dans les dépôts surfaciques sont statistiquement comparables pour Verneuil-en-Halatte et Creil (environnements rural et urbain), sans variations saisonnières marquées.

Des tableaux statistiques ont été élaborés afin de fournir des gammes de valeurs de fond pour un large éventail de substances collectées par prélèvements surfaciques. Ils constituent des valeurs de comparaison indicatives en situation (post-)accidentelle qui peuvent être utilisées, à titre exceptionnel, en l'absence de prélèvements de blancs de surface exploitables ou lorsque la fiabilité de ceux-ci est remise en cause, afin de disposer malgré tout d'éléments d'appréciation du niveau de contamination observé. A noter que ces gammes de valeurs de fond sont pertinentes pour les surfaces prélevées (collecteurs de déchets, arrêts de bus, boites aux lettres, bornes incendie, bac à sel) mais ne tiennent compte de la pollution historique locale qui peut être non négligeable. Ces gammes de niveaux de dépôt surfacique sont donc à utiliser avec prudence.

Pour approfondir l'étude, il pourrait être intéressant d'étendre les prélèvements à d'autres environnements tels que certaines grandes zones industrielles afin de mieux appréhender la variabilité due à leur pollution historique en ciblant certaines surfaces spécifiques, homogènes sur le territoire, comme les boîtes aux lettres de La Poste.

4 Paramètres d'influence sur le prélèvement surfacique par lingette et limites d'utilisation

Une campagne exploratoire a été réalisée sur le toit d'un bâtiment de l'Ineris afin d'identifier différents paramètres d'influence sur le prélèvement surfacique et ses limites d'utilisation, principalement dans un cadre d'accident industriel. Elle a pour but de mieux comprendre l'impact des conditions météorologiques, de la nature et de l'orientation de la surface prélevée, ainsi que la persistance des dépôts sur le support (évolution des dépôts au cours du temps). Pour ce faire, des prélèvements de référence, effectués par collecteurs/jauges selon la norme X43-014 ont été réalisés en parallèle. Après une présentation des conditions météorologiques durant cette campagne, cette partie présentera les résultats et observations pour chaque famille de polluants : les ETM, puis les HAP, les PCDDF/ et enfin, les PCB.

4.1 Mesure des conditions météorologiques

Afin de mieux comprendre les mécanismes responsables de la diminution des dépôts surfaciques et, par conséquent, de la limitation de leur accumulation, une station météorologique a été déployée à proximité des prélèvements.Suite à un incident technique, les données recueillies couvrent la période du 5 octobre au 10 janvier. Ces données ont été systématiquement comparées à celles de la station Météo France la plus proche (située à 35 km) afin d'extrapoler les conditions météorologiques lors des intervalles non couverts par les mesures locales.

Précipitations

L'enregistrement des précipitations est crucial car celles-ci vont rabattre les polluants atmosphériques dans les collecteurs (dépôts humides) et peuvent lessiver les surfaces. Des écarts plus importants entre le prélèvement surfacique et le prélèvement par collecteurs sont donc attendus en cas de précipitation abondantes.

En termes de variation, les données de Météo France sont similaires à celles mesurées à l'Ineris pour les trois mois complets de mesures communes. Ainsi, les données de Météo France ont pu être utilisées sur le reste de la campagne. Selon les données de Météo France, les précipitations ont été particulièrement abondantes en août (82 mm), en octobre (81,4 mm) et en novembre (98 mm).

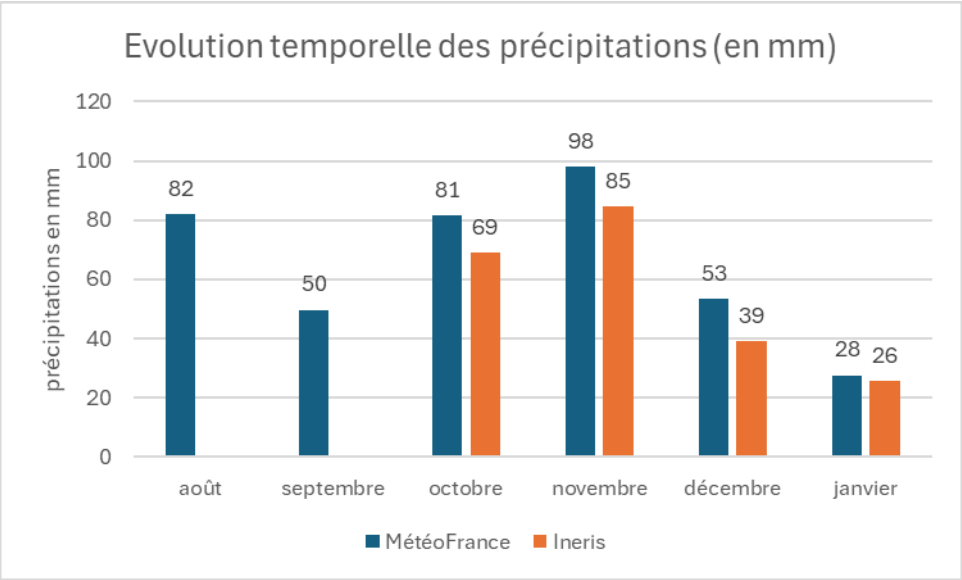


Figure 9 : Comparaison des stations météo : précipitations en fonction du temps

Vents

Des vents importants peuvent entrainer un réenvol des dépôts, en particulier par temps sec, et donc entrainer également un écart marqué entre le prélèvement surfacique et le prélèvement en collecteur (plus protégé).

Dans la Figure 11, les vitesses moyennes du vent et les rafales mesurées à la station locale sont comparées à celles de la station Météo France. Entre octobre et janvier, la station locale enregistre une hausse des vitesses moyennes du vent, passant de 1,62 à 2,23 m/s, ce qui correspond à des vents modérés. Les relevés de Météo France affichent des valeurs plus élevées (entre 4,17 et 5,61 m/s) et présentent une évolution différente : les vitesses augmentent d'octobre à novembre, puis diminuent de novembre à janvier.

Étant donné que l'évolution n'est pas comparable entre les deux stations, seules les données de la station située sur le site Ineris, couvrant trois mois complets, ont été exploitées concernant l'influence des vents.

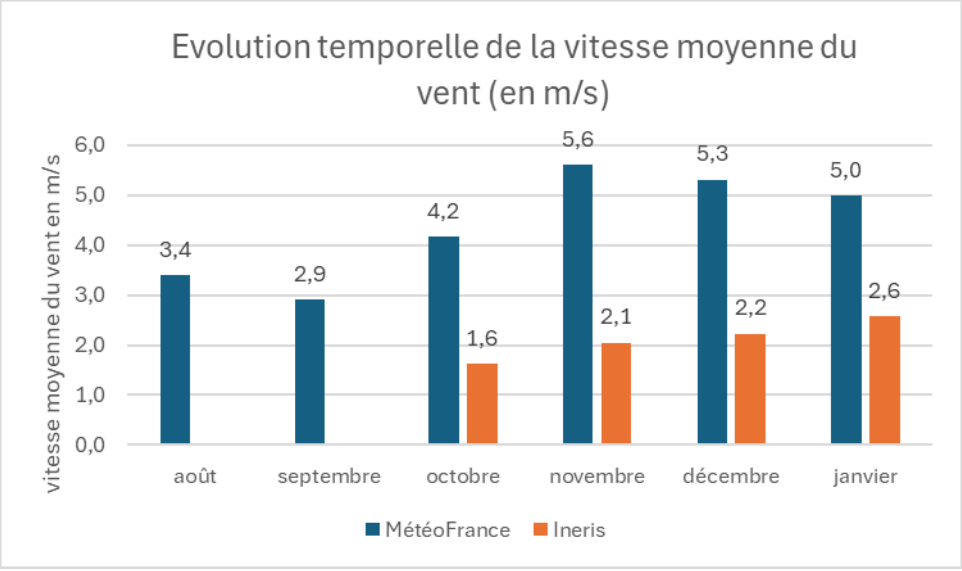


Figure 10 : Comparaison des stations météo : Vent en fonction du temps

Température

Les données de Météo-France présentent une variation comparable et des valeurs similaires à celles relevées par l'Ineris sur les trois mois complets de mesures simultanées. Il est supposé que la mesure des températures enregistrées au Plessis-Belleville corresponde à celle observée sur le toit de l'Ineris. Par ailleurs, il a été constaté que la température moyenne mensuelle a connu une diminution régulière au cours de la campagne, à l'exception du mois de septembre où une légère hausse par rapport au mois précédent a été observée.

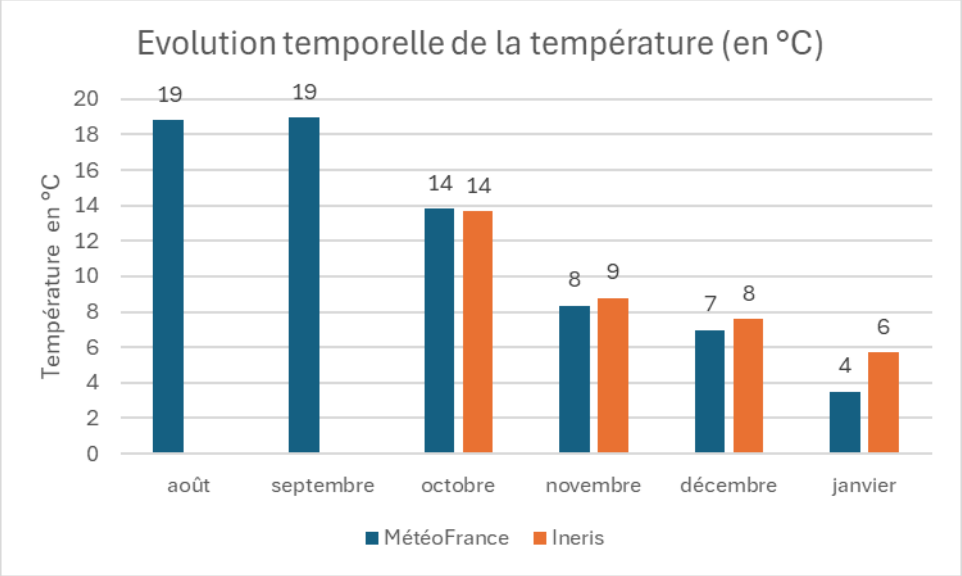


Figure 11 : Comparaison des stations météo : température en fonction du temps

4.2 Observations concernant les ETM

4.2.1 Comparaison des mesures d'ETM selon le mode de prélèvement

Cette partie présente les données correspondant à une exposition d'un mois. Dans le cas des prélèvements surfaciques, il s'agit de ceux prélevés sur la colonne « i-1 » (voir partie 2.3.2). Les valeurs mesurées dans les prélèvements sur chaque surface et dans le collecteur correspondant sont converties en µg/m² et présentées dans le Tableau 10.

La quantification des ETM par lingette est généralement jusqu'à cinq fois plus sensible que celle par collecteur, selon les substances. Par exemple, pour le cadmium, une LQ de 0,005 µg par échantillon correspond à 0,16 µg/m² avec les lingettes, contre 0,79 µg/m² avec les collecteurs. De même, pour le soufre, une LQ comprise entre 2,5 et 5 µg par échantillon équivaut à 79,62-159,24 µg/m² avec les lingettes, contre 393,17-786,35 µg/m² avec les collecteurs.

Cet écart n'affecte toutefois pas la comparaison des méthodes, les concentrations mesurées dépassant généralement les limites de quantification. Des traces de différents ETM ont été quantifiées dans l'ensemble des blancs de surface, comparables voire légèrement au-dessus des blancs de lingettes. Ces blancs n'empêchent pas l'exploitation correcte des données de la campagne (voir Annexe 4).

Le Tableau 27 et le Tableau 29, en Annexe 5, présentent les coefficients de comparaison entre les prélèvements de dépôts surfaciques par lingettes et de dépôts atmosphériques par collecteur. Le Tableau 9 en donne un résumé avec le nombre de valeurs pour lesquelles les deux méthodes de prélèvement sont comparables, selon le critère défini en partie 2.3.2, par type de surface et par mois.

Tableau 9 : Nombre de valeurs pour lesquelles les deux méthodes de prélèvement sont comparables par type de surface et par mois

	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Total

HP	15	2	3	10	8	12	50	32%
HV	13	2	3	12	9	11	50	32%
VP	1	6	2	7	4	5	25	16%
VV	1	6	2	2	1	2	14	9%
Total	30	16	10	31	22	30	139	22%

Ainsi, 32 % des mesures effectuées sur une surface horizontale étaient similaires à la valeur de référence, cette valeur descend à 16 % pour une surface verticale en plastique et à 9 % pour une surface verticale en verre. L'effet de la surface est clair mais aucune tendance ne se distingue clairement lorsque l'on considère l'évolution temporelle en lien avec les conditions météorologiques.

Les coefficients associés aux surfaces horizontales se trouvent plus souvent dans le critère, car ils collectent plus de matière. C'est particulièrement le cas durant les mois d'août, novembre, décembre et janvier.

En septembre, les seules substances pour lesquelles les deux méthodes de prélèvement sont comparables sont le titane et le vanadium pour les surfaces horizontales, et le baryum, le cobalt, le chrome, le manganèse, l'antimoine et le silicium pour les surfaces verticales. Ce mois a été marqué par des températures plus élevées et des précipitations relativement faibles. Enfin, le soufre présente des valeurs respectant fréquemment le critère, et ce, sur toutes les surfaces étudiées. Certaines substances présentent un coefficient conforme au critère lors d'au moins quatre mois sur six, notamment l'aluminium, le chrome, le plomb et le soufre sur les surfaces horizontales.

Tableau 10 : Mesures des ETM en fonction du temps sur différentes surfaces et dans les collecteurs (en µg/m²)

	Support	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	Si	Sn	Ti	V	Zn
Blanc de surface	HP	328	13	32	< LQ	< LQ	5	47	508	< LQ	< LQ	17	3	2920	7	11000	5	< LQ	4490	2	17	1	5480
	VP	248	10	41	< LQ	< LQ	7	75	500	< LQ	< LQ	15	7	2780	5	8270	4	< LQ	3550	2	15	1	4900
	HV	473	10	48	7	1	9	115	764	< LQ	< LQ	21	15	2250	11	8540	5	< LQ	4440	2	18	1	4060
	VV	245	10	26	1	1	7	89	546	< LQ	< LQ	16	5	2360	4	8290	4	< LQ	3340	1	17	1	4230
Aout	collecteur	7643	5	103	3	4	21	80	7313	0	8	212	14	4592	204	11182	14	2	12597	46	255	18	337
	HP	5340	14	80	1	3	16	70	5570	< LQ	4	88	11	2610	175	16700	17	1	13500	16	182	6	5840
	VP	397	11	19	< LQ	< LQ	5	38	483	< LQ	< LQ	19	3	2350	5	18200	4	< LQ	3670	3	20	1	4360
	HV	3440	16	57	2	3	15	68	3650	< LQ	3	64	11	3340	138	17000	15	< LQ	10800	29	112	6	5840
	VV	284	10	17	< LQ	< LQ	5	33	398	< LQ	< LQ	16	3	2040	2	13900	4	< LQ	3670	3	19	1	3640
Septembre	collecteur	2170	< LQ	28	< LQ	< LQ	7	10	1588	< LQ	< LQ	23	< LQ	447	30	964	3	1	5442	5	217	10	97
	HP	4160	10	79	< LQ	2	21	77	4030	< LQ	4	77	15	2880	62	14700	12	< LQ	12000	15	253	8	6260
	VP	463	10	20	< LQ	< LQ	6	30	478	1	1	21	3	2210	4	13600	5	< LQ	4040	3	86	3	3450
	HV	4260	11	85	< LQ	2	20	67	3960	< LQ	4	90	10	2900	73	16300	12	< LQ	13100	22	278	9	4630
	VV	282	9	23	< LQ	< LQ	6	30	346	< LQ	1	19	4	2120	2	12400	4	< LQ	3260	1	58	2	3420
Octobre	collecteur	13997	6	160	1	6	30	126	11009	0	9	234	17	4419	155	22804	20	8	24534	26	404	21	401
	HP	2420	10	49	< LQ	1	12	61	2960	< LQ	2	37	8	2890	38	16700	10	< LQ	9480	11	86	5	4390
	VP	625	8	25	< LQ	< LQ	5	46	822	< LQ	< LQ	20	6	2370	6	15200	4	< LQ	4050	3	44	2	3880
	HV	2280	11	47	< LQ	2	12	52	2770	0	2	35	6	2970	44	15500	10	1	8160	18	96	4	4570
	VV	326	9	26	< LQ	< LQ	4	32	488	< LQ	< LQ	16	< LQ	2520	4	14900	4	< LQ	3850	4	21	1	4150
Novembre	collecteur	2186	< LQ	65	< LQ	3	15	81	4356	2	3	76	18	742	36	14642	11	4	5221	17	86	9	242
	HP	2480	9	52	< LQ	8	13	54	2310	1	51	40	31	2170	22	9810	10	1	6730	12	81	3	4030
	VP	972	8	35	< LQ	5	8	74	942	< LQ	23	25	20	2230	11	10500	8	1	6590	4	44	2	4250
	HV	1930	10	49	< LQ	113	13	69	2320	1	190	127	153	2740	21	11400	12	3	6860	15	61	3	4810
	VV	916	8	32	< LQ	4	8	169	784	< LQ	76	22	13	2090	5	8350	6	2	4050	3	28	1	3740
Décembre	collecteur	1068	1	59	< LQ	1	15	99	2218	< LQ	< LQ	50	7	299	16	8791	7	7	2249	12	222	5	348
	HP	914	8	30	< LQ	5	9	38	1540	< LQ	24	31	15	2010	11	12700	7	5	4730	6	58	2	3380
	VP	403	8	13	< LQ	1	7	26	443	< LQ	< LQ	15	5	2370	2	10500	4		3980	2	23	1	3890
	HV	691	8	21	< LQ	1	6	40	1350	0	16	23	5	2520	17	10100	6	4	4620	8	29	2	4130
	VV	285	8	13	< LQ	1	3	25	329	< LQ	15	15	3	2540	2	9440	4	1	4320	2	17	1	4080
Janvier	collecteur	3727	1	65	< LQ	3	13	56	3586	< LQ	3	82	< LQ	514	94	13242	10	2	8728	12	123	8	269
	HP	2590	10	51	< LQ	1	18	43	2550	< LQ	8	43	< LQ	2690	19	15200	8		8750	7	92	4	4220
	VP	1090	8	22	< LQ	1	7	21	786	< LQ	12	23	< LQ	2150	5	17800	4	1	5630	2	47	2	3600
	HV	2930	9	46	< LQ	1	12	40	2640	< LQ	32	44	< LQ	2750	27	9830	8	1	8520	13	130	4	4140
	VV	601	8	23	< LQ	< LQ	6	26	602	< LQ	64	17	< LQ	2360	4	9170	4	1	4760	3	51	1	3890

4.2.2 Accumulation des dépôts d'ETM sur les surfaces

Cette sous-partie a pour but de caractériser la persistance des dépôts d'éléments-traces métalliques (ETM) sur les surfaces. L'analyse se restreint aux ETM présentant des concentrations fréquemment supérieures aux LQ et aux blancs et quantifiés à chaque mesure mensuelle, afin de permettre une exploitation temporelle plus robuste (cf. Annexe 4). Par ailleurs, les surfaces verticales fournissent globalement peu de données au-dessus des blancs en conséquence, l'étude de l'accumulation est menée uniquement sur les surfaces horizontales.

Mesure d'ETM dans les blancs de lingettes

Dans les blancs de lingettes, plusieurs substances ont été mesurées à des niveaux supérieurs aux limites de quantification (voir Tableau 2), telles que l'aluminium, l'arsenic, le baryum, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le phosphore, le soufre, l'antimoine, le silicium, le titane, le vanadium et le zinc. Afin de s'affranchir d'une éventuelle influence propre aux surfaces échantillonnées, des blancs de surface ont également été réalisés avant les prélèvements mensuels (Tableau 10). Sur l'ensemble de ces blancs de surface, et indépendamment du type de surface ou de son orientation, seuls le mercure (majoritairement gazeux), le lithium et le sélénium n'ont pas été détectés au-dessus de la limite de quantification. Le cadmium et le cobalt n'ont, quant à eux, dépassé la limite de quantification que sur les surfaces en verre. Ainsi, des traces de différents ETM ont été quantifiées dans l'ensemble des blancs de surface, comparables voire légèrement au-dessus des blancs de lingettes. Ces blancs n'empêchent pas l'exploitation correcte des données de la campagne.

Le Tableau 11 et le Tableau 12 regroupent, pour les substances retenues, les concentrations mesurées pour une exposition d'un mois et des expositions cumulées sur plusieurs mois (voir section 2.3.2). Il synthétise ainsi l'évolution mensuelle des dépôts et permet de comparer directement les résultats obtenus à une date donnée pour des durées d'exposition différentes.

Bilan sur l'aspect cumulatif

Les concentrations issues d'expositions de plusieurs mois sont systématiquement plus élevées que celles mesurées le même jour pour une exposition mensuelle. Cela confirme un phénomène d'accumulation sur la surface. Toutefois, les concentrations cumulées mesurées après *i* mois d'exposition sont généralement inférieures à la somme des niveaux prélevés après les périodes d'exposition de *i-1* mois et de 1 mois. Par exemple, le niveau mesuré après 4 mois d'exposition est inférieur à celui attendu par simple addition des niveaux mesurés après 3 mois puis 1 mois d'exposition, sur la même période. Ce comportement suggère que l'accumulation des ETM sur les surfaces sature après une exposition inférieure à deux mois. Cet effet pourrait être attribuable, au moins en partie, à l'influence des conditions météorologique. En particulier, la diminution des concentrations observée en octobre et novembre et concomitante avec une période pluvieuse, et pourrait ainsi être due au lessivage des surfaces par les précipitations.

Signature chimique d'événements ponctuels

Pour certains éléments, des valeurs maximales enregistrées entre novembre et janvier, et pour lesquels des niveaux de dépôts se distinguent nettement du fond sur toutes les surfaces en novembre ou décembre.

C'est notamment le cas du cobalt, du nickel et du lithium. Bien que ces valeurs de dépôts soient relativement faibles, elles se détachent du fond qui reste très proche de la limite de quantification. Elles pourraient correspondre à une signature chimique, ténue, propre à des essais menés à l'Ineris sur des batteries Li-ions à proximité du lieu de prélèvement. Il est intéressant de souligner que cette signature chimique est plus élevée sur les surfaces horizontales que sur les verticales (d'un facteur 2 à plus de 3 pour le lithium) et ne se retrouve pas dans le prélèvement par collecteur.

Ainsi, lors de certains accidents technologiques générant des dépôts à la signature chimique facilement identifiable, mais contenant exceptionnellement peu de carbone suie, il pourrait être pertinent de rechercher un éventuel marquage environnemental de la zone impactée sur des surfaces peu affectées par la pollution historique, telles que les fenêtres des bâtiments. Cette démarche reste néanmoins marginale, les prélèvements surfaciques ciblent en priorité les dépôts de suie visibles.

Tableau 11 : Mesures des concentrations de ETM dans les dépôts surfaciques en fonction du temps sur la surface horizontale en plastique (en µg/lingette)

			Al	Cr	Fe	Li	Mn	Pb	Sb	Si	Sn	Ti	V
05/07/2023	05/07/2023	LQ	0,1	0,01	0,1	0,03	0,01	0,01	0,05	5	0,01	0,01	0,01
05/07/2023	05/07/2023	Blanc 1	0,7	0,04	3	<LQ	0,1	<LQ	0,03	31	<LQ	0,2	0,01
05/07/2023	05/07/2023	Blanc 2	0,8	0,04	3	<LQ	0,1	<LQ	0,04	34	0,01	0,3	0,01
05/07/2023	05/07/2023	Blanc surface	3	0,1	5	<LQ	0,2	0,1	0,05	45	0,02	0,2	0,01
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	53	0,2	56	0,04	0,9	1,8	0,17	135	0,16	1,8	0,06
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	42	0,2	40	0,04	0,8	0,6	0,12	120	0,15	2,5	0,08
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	50	0,3	72	0,05	1,3	1,1	0,14	145	0,22	4,0	0,13
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	24	0,1	30	0,02	0,4	0,4	0,10	95	0,11	0,9	0,05
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	41	0,1	46	0,02	0,4	0,6	0,12	114	0,18	1,7	0,07
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	25	0,1	23	0,51	0,4	0,2	0,10	67	0,12	0,8	0,03
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	38	0,2	46	1,09	0,5	0,4	0,14	105	0,21	1,9	0,07
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	9	0,1	15	0,24	0,3	0,1	0,07	47	0,06	0,6	0,02
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	37	0,2	51	0,07	0,5	0,3	0,12	123	0,23	1,5	0,07
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	26	0,2	26	0,08	0,4	0,2	0,08	88	0,07	0,9	0,04
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	70	0,3	77	0,23	0,9	0,7	0,18	153	0,30	2,3	0,11

Tableau 12 : Mesures des concentrations de ETM dans les dépôts surfaciques en fonction du temps sur la surface horizontale en verre (en µg/lingette)

			Al	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Pb	S	Sb	Si	Sn	Ti	V
05/07/2023	05/07/2023	LQ	0,1	0,01	0,01	0,1	0,03	0,01	0,01	5	0,05	5	0,01	0,01	0,005
05/07/2023	05/07/2023	Blanc 1	0,7	0,04	0,26	3	<LQ	0,1	<LQ	75	0,03	31	<LQ	0,15	0,01
05/07/2023	05/07/2023	Blanc 2	0,8	0,04	0,29	3	<LQ	0,1	<LQ	83	0,04	34	0,01	0,27	0,01
05/07/2023	05/07/2023	Blanc surface	5	0,09	1,15	8	<LQ	0,2	0,1	85	0,05	44	0,02	0,18	0,01
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	34	0,15	0,68	37	0,03	0,6	1,4	170	0,15	108	0,29	1,12	0,06
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	43	0,20	0,67	40	0,04	0,9	0,7	163	0,12	131	0,22	2,78	0,09
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	62	0,27	0,91	61	0,05	1,2	1,2	98	0,14	174	0,41	4,05	0,18
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	23	0,12	0,52	28	0,02	0,4	0,4	155	0,10	82	0,18	0,96	0,04
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	36	0,14	0,56	43	0,02	0,4	0,8	93	0,15	104	0,43	1,51	0,07
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	19	0,13	0,69	23	1,90	1,3	0,2	114	0,12	69	0,15	0,61	0,03
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	37	0,26	0,67	46	0,26	0,6	0,4	117	0,17	109	0,45	1,71	0,07
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	7	0,06	0,40	14	0,16	0,2	0,2	101	0,06	46	0,08	0,29	0,02
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	28	0,15	0,56	42	0,12	0,4	0,5	100	0,12	91	0,47	1,20	0,06
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	29	0,12	0,40	26	0,32	0,4	0,3	98	0,08	85	0,13	1,30	0,04
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	36	0,19	0,53	44	0,11	0,5	0,5	92	0,11	105	0,49	1,38	0,07

Cependant, les concentrations mesurées sur le terrain lors de la campagne pour la mesure des niveaux de fond sont, en moyenne, supérieures à celles observées pour une exposition cumulée sur plusieurs mois. Le Tableau 13 met en regard les valeurs obtenues après 2 mois d'exposition sur la surface horizontale en plastique (HP) avec l'intervalle de confiance à 95 % établi en partie 3.1 à partir des prélèvements réalisés sur le terrain lors de la campagne pour la mesure des niveaux de fond. Une exposition de 2 mois d'un support initialement vierge semble suffire, pour certains éléments, à reproduire des niveaux de dépôts de fond comparables aux valeurs minimales de ceux rencontrés sur le terrain.

Tableau 13 : Comparaison entre un prélèvement d'une surface exposée pendant 2 mois, et un intervalle de valeurs calculé à partir des prélèvements réalisés sur le terrain (en µg/lingette).

	Al	Cr	Fe	Li	Mn	Pb	Sb	Si	Sn	Ti	V
2 mois d'exposition sur le toit de l'Ineris	50	0,3	72	0,05	1,3	1,1	0,14	145	0,22	4,0	0,13
Minimum prélevé en zones urbaine et rurale	51	0,2	90	3.10^{-02}	1	1	0,1	163	0,2	8	0,1
Intervalle de confiance à 95% prélevé en zones urbaine et rurale	431 - 1084	2 - 4	688 - 1367	0,3 - 0,8	11 - 28	6 - 13	0,7 - 1,3	1231 - 3008	2 - 3	53 - 118	1 - 2

4.3 Observations concernant les HAP

4.3.1 Comparaison des mesures de HAP selon le mode de prélèvement

La méthode de quantification des HAP par collecteur offre une sensibilité supérieure à celle réalisée avec une lingette, étant en général de 1 ng/collecteur contre 10 ng/lingette (soit environ 32 ng/m^2 dans les collecteurs pour 1000 ng/m^2 dans les lingettes). Cet écart de détection d'un facteur 30 explique que seulement 3 HAP ont pu être quantifiés sur les prélèvements surfacique et limite la comparaison des deux méthodes.

Les valeurs des mesures sur lingettes sont comparées à celles réalisées par collecteur dans le Tableau 14

. Le Tableau 15 présente toutes les substances détectées par collecteur.

D’après le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les concentrations mesurées en novembre sont du même ordre de grandeur sur les différents supports et sont considérées comme comparables en prenant en compte les hypothèses du paragraphe 2.3.2.

Tableau 14 : Comparaison des valeurs dépôts de HAP mesurées dans les dépôts atmosphériques par collecteur et les dépôts surfaciques par lingette (pour une exposition d'un mois, en ng/m2)

Date de début de prélèvement	Date de fin de prélèvement	Temps d'exposition	Echantillon	Phénanthrène	Fluoranthène	Pyrène
05/07/2023	05/07/2023	(blancs)	Blanc Collecteur	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de lingette	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de lingette	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface HP	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface HV	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface VV	< LQ	< LQ	< LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	Collecteur	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	Collecteur	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	Collecteur	446	669	637
			Lingette HP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	Collecteur	1306	605	669
			Lingette HP	2300	2300	4000
			Lingette VP	1000	1300	2200
			Lingette HV	1700	1900	2400
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	Collecteur	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	2900	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	Collecteur	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HP	< LQ	2300	1400
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ

Tableau 15 : Valeurs de HAP dans les dépôts atmosphériques en ng/collecteur en fonction du temps

Date de début de prélèvement	Date de fin de prélèvement	Temps d'exposition	Détails des récipients	Acenaphtene	Fluorene	Phenanthrene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo(a)anthracene	Chrysene	Benzo(e)pyrene	Benzo(j)fluoranthene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(a)pyrene	Benzo(ghi)perylene	Indeno(123cd)pyrene
05/07/2023	05/07/2023	(blancs)	Collecteur + entonnoir	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	Collecteur + entonnoir	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	1,4	<1	1,5	<1	<1
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	Collecteur + entonnoir	<1	1,8	5,4	3,5	<5	<1	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	1	1
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	Liquide supplémentaire dans l'entonnoir*	<1	1,7	8,7	3,6	<1	1,2	1,3	<1	<1	1,1	<1	<1	1,2	1,3
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	Collecteur + entonnoir	3,0	3,5	14,0	21,0	20,0	2,6	15,0	4,2	3,4	6,1	2,4	2,4	3,0	<2
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	Collecteur + entonnoir	< 1	9,4	41	19	21	3,1	3,9	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	1,4	< 1
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	Collecteur + entonnoir	< 1	3,5	5	9,4	8,2	< 1	2,4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,5
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	Collecteur + entonnoir	< 1	1,6	< 1	6,6	< 5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,5	1,3	1,1

Seules les substances pour lesquelles les valeurs ont été mesurées au-dessus de la limite de quantification sont représentées ici.

*de l'eau de précipitation a débordé du collecteur et restait dans l'entonnoir. Les deux volumes ont été analysés séparément, comme s'il s'agissait de deux collecteurs distincts. Les valeurs ne sont pas sommées pour ne pas augmenter les limites de quantification.

4.3.2 Accumulation des dépôts de HAP sur les surfaces

Aucun HAP n'a été quantifié au-dessus des limites de quantification dans les blancs de lingettes ni dans les blancs de surfaces.

Seules 12 mesures (environ 2 % des résultats pour les HAP) ont dépassé la limite de quantification, concernant le phénanthrène, le fluoranthène et le pyrène. Ces valeurs se retrouvent surtout en novembre, sauf sur la surface verticale en verre. Quelques mesures supplémentaires ont été réalisées en décembre et janvier sur des surfaces horizontales.

Les niveaux de dépôts en HAP semblent plus élevés lorsque les précipitations sont plus marquées. Octobre et novembre sont les deux mois les plus pluvieux de la période étudiée, mais novembre se distingue par des températures moyennes inférieures d'environ 5°C et une pluviométrie supérieure de 22 % par rapport à octobre. Ces conditions pourraient favoriser le dépôt et/ou la persistance des HAP sur les surfaces.

Comme pour les ETM, les résultats mettent également en évidence des concentrations plus élevées sur les surfaces horizontales que verticales, ainsi que des niveaux légèrement supérieurs sur les surfaces plastiques par rapport aux surfaces en verre.

Le Tableau 16 rassemble l'ensemble des mesures de phénanthrène, fluoranthène et pyrène par prélèvement surfacique, à la fois pour des expositions d'un mois et pour des expositions de plusieurs mois (cf. partie 2.3.2).

Lors de la campagne pour la mesure des niveaux de fond (3.2), les concentrations observées pour le phénanthrène, le fluoranthène et le pyrène se situent dans les intervalles de confiance à 95 %, compris respectivement entre 0 et 49 ng/lingette pour le phénanthrène, 73 à 238 ng/lingette pour le fluoranthène, et 14 à 72 ng/lingette pour le pyrène. Les mesures faites en hiver sont supérieures à celles de l'été.

Les valeurs présentées dans le Tableau 16, de l'ordre de quelques dizaines de ng par surface, apparaissent inférieures ou situées dans la partie basse de ces plages. Ces niveaux sont compatibles avec des ordres de grandeurs retrouvés sur le terrain lors de la campagne pour la mesure des niveaux de fond. Contrairement au cas des ETM, aucune accumulation d'un mois sur l'autre n'a été mesurée.

Tableau 16 : Valeurs de HAP dans les lingettes en fonction du temps

Début d'exposition	Fin d'exposition	Durée d'exposition	Surface	Phenanthrene	Fluoranthene	Pyrene
05/07/2023	05/07/2023	- (blancs)	Blanc de lingette	< 10		
			Blanc de lingette			
			Blanc de surface HP			
			Blanc de surface VP			
			Blanc de surface HV			
			Blanc de surface VV			
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	HP	< 10		
			VP			
			HV			
			VV			
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	HP	< 10		
			VP			
			HV			
			VV			
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	HP	< 10		
			VP			
			HV			
			VV			
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	HP	< 10		
			VP			
			HV			
			VV			
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	HP	< 10		
			VP			
			HV			
			VV			
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	HP	**23**	**23**	**40**
			VP	**10**	**13**	**22**
			HV	**17**	**19**	**24**
			VV	< 10	< 10	< 10
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	HP	**12**	**23**	**32**
			VP	< 10	< 10	< 10
			HV	< 10	< 10	< 10
			VV	< 10	< 10	< 10
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	HP	< 10	< 10	< 10
			VP	< 10	< 10	< 10
			HV	< 10	**29**	< 10
			VV	< 10	< 10	< 10
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	HP	< 10	< 10	< 10
			VP	< 10	**16**	< 10
			HV	< 10	< 10	< 10
			VV	< 10	**11**	< 10
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	HP	< 10	**23**	**14**
			VP	< 10	< 10	< 10
			HV	< 10	< 10	< 10
			VV	< 10	< 10	< 10
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	HP	< 10	< 10	**15**
			VP	< 10	< 10	**22**
			HV	< 10	< 10	< 10
			VV	< 10	< 10	< 10

Seules les substances pour lesquelles les valeurs ont été mesurées au-dessus de la limite de quantification sont représentées ici. Le laboratoire a indiqué la mention « risque de surestimation lié à l'effet matriciel » pour certains échantillons. Les valeurs correspondantes sont en bleu dans ce tableau.

4.4 Observations concernant les PCDD/F

4.4.1 Comparaison des mesures de PCDD/F selon le mode de prélèvement

Les limites de quantification des dioxines et furanes dans les deux méthodes de prélèvements sont différentes mais du même ordre de grandeur : dans les lingettes la LQ est d'environ 0,5 pg/échantillon, soit 50 pg/m^2 et dans les collecteurs, elle est d'environ 1 pg/échantillon, soit 31.8 pg/m^2. Cependant, les résultats montrent une différence significative dans le nombre de congénères quantifiés dans les prélèvements surfaciques (jusqu'à 16 congénères, cf. Tableau 17**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) par rapport aux collecteurs. Pour ces dernières, seuls 5 congénères ont été quantifiés : l'OCDD est mesurée plusieurs fois au-dessus de la limite de quantification au cours du temps, et en novembre, 5 congénères ont été mesurés au-dessus de la LQ (*Tableau 18*).

Ainsi, la signature chimique est plus riche en termes de diversité de congénères dans les prélèvements surfaciques que dans les collecteurs, ce qui est contradictoire avec leurs limites de quantification.

Tableau 17 : Nombre de congénères de PCDD/F supérieures à la LQ dans les prélèvements surfaciques par mois et par type de surface et dans les prélèvements en collecteurs

	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan
Lingettes HP	0	2	3	7	3	7
Lingettes VP	0	1	4	5	3	13
Lingettes HV	0	1	3	16	3	6
Lingettes VV	0	1	4	4	14	0
Moyenne lingettes	**0**	**1,25**	**3,5**	**8**	**5,75**	**6,5**
Collecteurs	1	1	1	5	0	2

Tableau 18 : Mesures des PCDD/F dans les collecteurs en fonction du temps en pg/collecteur

(seuls les congénères mesurés au-dessus de la limite de quantification sont représentés)

	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	2,3,4,6,7,8 HxCDF *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF *	OCDF *
Blanc de collecteur	< 1	< 1	< 0,5	< 1	< 1
aout	< 1	4,6	< 0,5	< 1	< 1
sep	< 1	2,1	< 0,5	< 1	< 1
oct	< 1	1,6	< 0,5	< 1	< 1
nov	3,5	5,8	0,9	3,7	2,3
dec	< 1	< 1	< 0,5	< 1	< 1
Jan	1,5	2,0	< 0,5	< 1	< 1

Les mesures issues des deux méthodes ont été comparées en suivant la méthode décrite dans le 2.3.2 pour les 5 congénères qui ont pu être quantifiés en collecteurs et confirme que les résultats obtenus des prélèvements atmosphériques par collecteur et des prélèvements surfaciques par lingette sont très différents (Tableau 19).

Tableau 19 : Coefficients de comparaison entre les mesures de PCDD/F en lingette par rapport à celle réalisées par collecteur (uniquement pour le mois de novembre)

	OCDD	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF *	2,3,4,6,7,8 HxCDF *	OCDF *
HP	1,4	1,46	1,49	4,42	1,65
HV	0,64	1,06	1,69	1,27	5
VP	-0,4	0,18	1,27	2,41	0,39
VV	1,68	0,37	0,75	1,33	0,44

4.4.2 Accumulation des dépôts de PCDD/F sur les surfaces

Les blancs de surface et de collecteur sont inférieurs à la limite de quantification, à l'exception de la surface verticale en verre, pour laquelle un furane (OCDF) a été détecté au-dessus de la LQ.

Pour les prélèvements par collecteur, les valeurs sont très proches de celles mesurées dans les blancs, et donc de la limite de quantification. Comme pour les HAP, une valeur légèrement plus élevée est néanmoins observée en novembre (Annexe 6**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), correspondant au mois le plus pluvieux de la série.

Pour les prélèvements surfaciques, les concentrations sont plus élevées sur les surfaces verticales que sur les surfaces horizontales, et plus importantes, en moyenne, sur le verre que sur le plastique. On peut également observer globalement une augmentation des concentration surfaciques au cours du temps sur la surface verticale en plastique (voir l'Annexe 6 : Tableaux de mesures des PCDD/F et PCB).

Les quatre congénères les plus fréquemment détectés au-dessus de la LQ sont le 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, le 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF et l'OCDD, suivis de l'OCDF. Ces congénères sont parmi les plus couramment observés dans les dépôts environnementaux, mais également parmi les moins toxiques.

Le Tableau 20 illustre, la comparaison entre deux prélèvements réalisés le même jour : l'un correspondant à une surface exposée pendant un mois et l'autre à la même surface exposée pendant plusieurs mois (plus de détails en Annexe 6 : Tableaux de mesures des PCDD/F et PCB).

Pour certaines substances, des différences importantes sont observées entre les prélèvements réalisés le même jour : les valeurs mesurées sont plus du double voire dix fois supérieures pour le prélèvement correspondant à un mois d'exposition. Or, ces deux échantillons sont prélevés côte à côte, sur des zones adjacentes de la même surface, ce qui suggère une forte hétérogénéité spatiale des dépôts de PCDD/F.

Les résultats ne mettent pas en évidence une accumulation des dépôts.

Tableau 20 : Mesures de deux dioxines sur les surfaces en fonction du temps (en pg/lingette)

			HP		HV		VP		VV	
Date début	Date fin	Temps d'accumulation	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	0,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	0,5	<LQ	0,7	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	2,7	3,6	1,1	3,1	12,2	56	1,8	3,9
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	6,3	6,7	1,6	2,8	5,1	40	0,5	0,7
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	0,9	1,4	188	271	1,6	1,9	3,4	5,1
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	2,8	4,5	2,3	3,0	1,3	1,1	1,5	5,0
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	1,9	1,9	<LQ	1,8	<LQ	2,4	29,2	36,8
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	1,8	<LQ	2,1	0,8	1,2	2,2	3,7
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	1,2	2,6	0,8	1,9	5,5	10,4	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	1,3	2,0	1,2	2,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Les valeurs mesurées sont, en générales, très basses et proches de la limite de quantification et des minima observés sur le terrain à Creil et Verneuil-en-Halatte. Pourtant, les valeurs observées sur le terrain sont, en moyenne, plus élevées ce qui suggère une dynamique d'accumulation non reproduite dans cette étude, potentiellement due à l'altération des surfaces lorsqu'elles sont exposées sur une très longue durée.

4.5 Observations concernant les PCB

4.5.1 Comparaison des mesures de PCB selon le mode de prélèvement

Seuls les PCB indicateurs (dont le 118) ont été quantifiés au-dessus des LQ dans les collecteurs. Ces mesures sont comparées à celles réalisées sur les prélèvements surfaciques dans le Tableau 21 et le Tableau 22. Comme dans le cas des PCDD/F, les valeurs obtenues sur les prélèvements par lingette sont, en moyenne, supérieures à celles obtenues sur les prélèvements par collecteur.

Moins de 9% des coefficients de comparaison réalisés sur les mesures supérieures aux limites de quantification (Tableau 22) entrent dans le critère établi dans la partie 2.3.2. C'est le cas uniquement en janvier sur les surfaces horizontales pour quelques PCB. Ainsi, de manière générale, les résultats obtenus à partir des prélèvements par lingettes diffèrent significativement des collecteurs.

Tableau 21 : Mesures des PCB en collecteur et sur lingettes (en ng/m²)

Début d'exposition	Fin d'exposition	Durée d'exposition	Echantillon	PCB 118 (ng/m2)	PCB 28 (ng/m2)	PCB 52 (ng/m2)	PCB 101 (ng/m2)	PCB 138 (ng/m2)	PCB 153 (ng/m2)	PCB 180 (ng/m2)
05/07/2023	05/07/2023	blancs	Blanc Collecteur	3	< LQ	3	3	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de lingette	< LQ	15	9	15	< LQ	< LQ	5
			Blanc de lingette	< LQ	18	9	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	10	7	< LQ	< LQ	< LQ	3
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	Collecteur	6	2	3	3	< LQ	8	4
			Lingette HP	< LQ	72	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	Collecteur	< LQ	2	2	1	1	2	1
			Lingette HP	3	7	7	6	7	9	4
			Lingette VP	3	7	7	7	6	8	4
			Lingette HV	< LQ	7	7	6	3	6	< LQ
			Lingette VV	< LQ	7	7	5	5	7	3
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	Collecteur	< LQ	1	1	< LQ	1	1	< LQ
			Lingette HP	10	42	26	19	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	5	24	20	9	< LQ	10	< LQ
			Lingette HV	< LQ	24	18	11	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	21	17	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	Collecteur	1	6	5	2	1	2	1
			Lingette HP	2	19	17	8	7	6	3
			Lingette VP	4	24	23	10	7	8	3
			Lingette HV	38	27	49	58	37	54	10
			Lingette VV	4	18	18	11	7	7	2
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	Collecteur	1	10	4	1	1	2	1
			Lingette HP	5	45	23	6	< LQ	6	9
			Lingette VP	< LQ	44	24	6	< LQ	7	< LQ
			Lingette HV	7	39	22	9	< LQ	6	< LQ
			Lingette VV	3	49	23	< LQ	< LQ	6	3
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	Collecteur	< LQ	50	24	12	< LQ	12	< LQ
			Lingette HP	7	79	50	14	10	10	5
			Lingette VP	15	201	112	62	20	32	12
			Lingette HV	6	73	37	11	6	9	4
			Lingette VV	11	90	61	29	24	22	8

Tableau 22 : Coefficients de comparaison des mesures réalisées dans les lingettes par rapport à celle réalisées par collecteur (PCB indicateurs dont 118)

Début d'exposition	Fin d'exposition	Durée d'exposition	Echantillon	PCB 118 *	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	Lingette HP	< LQ	28,01	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette HV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/09/2023	5/10/2023	1 mois	Lingette HP	< LQ	2,11	3,32	3,90	4,34	3,24	1,74
			Lingette VP	< LQ	2,09	3,53	5,15	3,86	2,86	1,61
			Lingette HV	< LQ	2,16	3,81	4,26	1,21	2,05	< LQ
			Lingette VV	< LQ	1,94	3,30	2,94	3,15	2,55	1,29
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	Lingette HP	< LQ	49,32	30,44	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VP	< LQ	28,12	23,72	< LQ	< LQ	8,25	< LQ
			Lingette HV	< LQ	27,94	20,88	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Lingette VV	< LQ	23,58	19,14	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	Lingette HP	2,20	2,21	2,68	2,35	4,44	2,18	1,98
			Lingette VP	4,90	2,95	3,98	3,52	4,53	3,17	1,79
			Lingette HV	51,48	3,56	9,66	24,18	29,19	26,78	9,62
			Lingette VV	4,16	1,97	2,93	3,88	4,40	2,51	1,42
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	Lingette HP	5,03	3,59	4,88	4,22	< LQ	2,58	7,74
			Lingette VP	< LQ	3,48	5,16	3,84	< LQ	2,87	< LQ
			Lingette HV	6,61	2,96	4,51	6,01	< LQ	2,56	< LQ
			Lingette VV	2,90	4,02	4,86	< LQ	< LQ	2,28	2,06
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	Lingette HP	< LQ	0,59	1,10	0,18	< LQ	-0,18	< LQ
			Lingette VP	< LQ	3,06	3,68	4,12	< LQ	1,74	< LQ
			Lingette HV	< LQ	0,47	0,55	-0,05	< LQ	-0,19	< LQ
			Lingette VV	< LQ	0,81	1,54	1,44	< LQ	0,87	< LQ

*les valeurs inférieurs aux limites de quantifications ou les coefficients n'entrant pas dans le critère sont grisés pour faciliter la lecture.

4.5.2 Accumulation des dépôts de PCB sur les surfaces

Cette sous-partie a pour but de caractériser la persistance des dépôts de PCB sur les surfaces. L'analyse se restreint aux PCB indicateurs non dioxin-like et le PCB 105 et 118, présentant des concentrations fréquemment supérieures aux LQ et aux blancs et quantifiés à chaque mesure mensuelle, afin de permettre une exploitation temporelle plus robuste.

Les tableaux dans les annexes (partie 6.6.2 et 6.6.3) présentent les mesures pour deux prélèvements effectués le même jour pour lesquels l'un correspond à un temps d'exposition d'un mois, et l'autre à un temps d'exposition supérieur à un mois (voir section 2.3.2).

Il synthétise ainsi l'évolution mensuelle des dépôts et permet de comparer directement les résultats obtenus à une date donnée pour des durées d'exposition différentes.

Les concentrations issues d'expositions de plusieurs mois ne sont pas systématiquement plus élevées que celles mesurées le même jour pour une exposition mensuelle. Elles peuvent être similaires, voire inférieures, ce qui semble montrer une persistance des dépôts en PCB inférieure à 1 mois. Ainsi, une exposition de 1 mois d'un support initialement vierge semble suffire, pour certains éléments, à reproduire des niveaux de dépôts de fond comparables aux valeurs minimales de ceux rencontrés sur le terrain (voir le Tableau 24). A noter que les concentrations mesurées sur le terrain reste, en moyenne, supérieures à celles observées pour une exposition cumulée sur plusieurs mois comme dans le cas des PCDD/F.

Tableau 23 : Mesures des PCB dans les prélèvements surfaciques en fonction du temps

Début d'exposition	Fin d'exposition	Durée d'exposition	Surface	PCB 118 (pg/lingette)	PCB 105 (pg/lingette)	PCB 28 (ng/lingette)	PCB 52 (ng/lingette)	PCB 101 (ng/lingette)	PCB 138 (ng/lingette)	PCB 153 (ng/lingette)	PCB 180 (ng/lingette)
05/07/2023	05/07/2023	- (blancs)	Blanc de lingette	< LQ	< LQ	0,15	0,09	0,15	< LQ	< LQ	0,05
			Blanc de lingette	< LQ	< LQ	0,18	0,09	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface HP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface VP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface HV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			Blanc de surface VV	< LQ	< LQ	0,10	0,07	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	HP	< LQ	< LQ	0,72	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			VP	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			HV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
			VV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	HP	26,06	< LQ	0,07	0,07	0,06	0,07	0,09	0,04
			VP	27,06	< LQ	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,04
			HV	< LQ	< LQ	0,07	0,07	0,06	0,03	0,06	< LQ
			VV	< LQ	< LQ	0,07	0,07	0,05	0,05	0,07	0,03
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	HP	< LQ	< LQ	0,07	0,08	0,07	0,05	0,06	0,04
			VP	< LQ	< LQ	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,03
			HV	< LQ	< LQ	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04
			VV	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	HP	96,57	< LQ	0,42	0,26	0,19	< LQ	< LQ	< LQ
			VP	47,18	< LQ	0,24	0,20	0,09	< LQ	0,10	< LQ
			HV	< LQ	< LQ	0,24	0,18	0,11	< LQ	< LQ	< LQ
			VV	< LQ	< LQ	0,21	0,17	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	HP	98,59	< LQ	0,29	0,22	0,19	< LQ	0,18	0,10
			VP	< LQ	< LQ	0,18	0,18	< LQ	< LQ	0,09	< LQ
			HV	< LQ	< LQ	0,21	0,21	0,12	< LQ	< LQ	< LQ
			VV	33,88	< LQ	0,18	0,13	0,07	< LQ	< LQ	0,04
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	HP	22,97	17,27	0,19	0,17	0,08	0,07	0,06	0,03
			VP	42,25	< LQ	0,24	0,23	0,10	0,07	0,08	0,03
			HV	376,12	169,52	0,27	0,49	0,58	0,37	0,54	0,10
			VV	37,01	16,62	0,18	0,18	0,11	0,07	0,07	0,02
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	HP	37,02	18,03	0,23	0,23	0,08	0,06	0,06	0,02
			VP	33,12	< LQ	0,16	0,18	0,07	0,07	0,05	0,03
			HV	30,02	< LQ	0,10	0,13	0,07	< LQ	< LQ	0,03
			VV	30,19	17,46	0,18	0,17	0,07	0,05	0,05	0,01
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	HP	51,57	53,72	0,45	0,23	0,06	< LQ	0,06	0,09
			VP	< LQ	44,43	0,44	0,24	0,06	< LQ	0,07	< LQ
			HV	65,10	74,70	0,39	0,22	0,09	< LQ	0,06	< LQ

Début d'exposition	Fin d'exposition	Durée d'exposition	Surface	PCB 118 (pg/lingette)	PCB 105 (pg/lingette)	PCB 28 (ng/lingette)	PCB 52 (ng/lingette)	PCB 101 (ng/lingette)	PCB 138 (ng/lingette)	PCB 153 (ng/lingette)	PCB 180 (ng/lingette)
			VV	33,32	35,51	0,49	0,23	< LQ	< LQ	0,06	0,03
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	HP	94,10	78,48	0,35	0,18	0,07	< LQ	< LQ	0,06
			VP	68,17	59,90	0,43	0,27	0,07	< LQ	< LQ	< LQ
			HV	64,16	59,53	0,53	0,33	0,11	< LQ	< LQ	0,04
			VV	71,40	< LQ	0,60	0,30	0,06	< LQ	< LQ	< LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	HP	69,79	54,44	0,79	0,50	0,14	0,10	0,10	0,05
			VP	152,29	< LQ	2,01	1,12	0,62	0,2	0,32	0,12
			HV	58,06	27,80	0,73	0,37	0,11	0,06	0,09	0,04
			VV	105,16	42,27	0,90	0,61	0,29	0,24	0,22	0,08
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	HP	50,69	32,42	0,94	0,36	0,14	0,10	0,09	0,04
			VP	39,88	< LQ	0,66	0,33	0,15	0,07	0,08	< LQ
			HV	66,71	37,89	0,73	0,43	0,19	0,12	0,13	0,06
			VV	103,98	< LQ	0,84	0,47	0,23	0,15	0,17	0,07

Tableau 24 : Comparaison entre un prélèvement d'une surface exposée pendant 1 mois, et un intervalle de valeurs calculé à partir des prélèvements réalisés sur le terrain (en pg/lingette).

	PCB118	PCB105	PCB28	PCB52	PCB101	PCB138	PCB153	PCB180
1 mois d'exposition sur le toit de l'Ineris (en moyenne)	81	54	415	267	152	105	119	52
Minimum prélevé en zones urbaine et rurale	7	4	84	6	56	5	48	24
Intervalle de confiance à 95% prélevé en zones urbaine et rurale	118-246	55-125	0-1478	104-1217	222-552	185-321	211-346	97-162

Bien qu'une étude[9] démontre une accumulation des PCB sur des vitres verticales au cours du temps, la campagne réalisée à l'Ineris ne permet pas de démontrer cet effet cumulatif quel que soit le support considéré.

[9] Rosa W. Wu, Tom Harner, Miriam L. Diamond, Evolution rates and PCB content of surface films that develop on impervious urban surfaces, Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 24, 2008 (https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.01.066)

5 Synthèse et recommandations

Deux campagnes de prélèvements surfaciques de dépôts ont été réalisées sur 12 emplacements en environnements urbain, à Creil, et rural, à Verneuil-en-Halatte, en hiver puis en été, en considérant les polluants suivants :

- 19 éléments-traces métalliques (ETM),
- 18 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- 17 dioxines et furanes (PCDD/F),
- 18 polychlorobiphényles (PCB).

Aucune différence significative n'a été observée en fonction du type d'environnement ou de la saisonnalité. Les mesures ont donc été regroupées afin de calculer des gammes de niveaux de dépôts surfaciques. Celles-ci correspondent à des surfaces typiques, géolocalisées dans des bases de données en ligne sur tout le territoire métropolitain (ex. : boîtes aux lettres, arrêts de bus, bornes incendie, voir l'Annexe 1). Les gammes intègrent l'influence due aux compositions des surfaces prélevées mais ne tiennent pas compte du fond de pollution historique qui peut varier significativement d'un lieu à un autre. Elles sont donc à utiliser de manière indicative lorsque le blanc de surface n'a pas pu être prélevé ou analysé. En outre, pour mieux documenter les limites d'un prélèvement surfacique, la méthode de prélèvement surfacique par lingette a été comparée à une méthode de référence de prélèvement de dépôt atmosphérique (méthode NF X43-014 par collecteur) dans des conditions contrôlées sur le site de l'Ineris. Pour ce faire, des surfaces initialement vierges, en plastique et en verre, horizontales et verticales, ont été exposées de 1 à 6 mois en parallèle de prélèvements de dépôts atmosphériques par collecteur.

Dans le cas des ETM, les résultats montrent qu'un tier des dépôts surfaciques collectés sur les surfaces horizontales sont comparables à ceux collectés en jauge, un sixième pour la surface verticale en plastique et un dixième pour la verticale en verre. En moyenne, les dépôts collectés par lingette sont nettement inférieurs à ceux collectés en jauge ce qui pourrait s'expliquer par l'influence des conditions météorologiques (lessivage par les pluies ou balayage dû au vent). L'étude temporelle tend à montrer une persistance des dépôts inférieure à 2 mois. Par ailleurs, les valeurs minimales de dépôt rencontrées sur le terrain sont atteintes sur des prélèvements après 2 mois d'exposition environ. Comme attendu, les dépôts sont plus importants sur les surfaces horizontales mais une signature chimique bien caractérisée peut néanmoins être identifiée sur les surfaces verticales.

Dans le cas des HAP, PCDD/F et PCB, les mesures sont en large majorité inférieures à la limite de quantification. Il est donc difficile d'en déduire des conclusions robustes. Néanmoins, pour les composés présentant des valeurs supérieures aux limites de quantification, il est clair que les dépôts ne persistent pas sur une durée supérieure à 1 mois. Cette persistance, plus courte que dans le cas des ETM, pourrait provenir non seulement de l'influence des conditions météorologiques mais aussi d'une possible dégradation des composés, notamment due aux UV. En outre, pour les PCDD/F, les niveaux de dépôts surfaciques mesurés sur une période d'exposition d'un mois se sont révélés jusqu'à dix fois plus élevés que ceux obtenus à partir d'une exposition cumulée sur plusieurs mois, bien que les prélèvements soient réalisés simultanément sur des surfaces adjacentes. Cette hétérogénéité spatiale constitue une source importante d'incertitude pour l'interprétation des résultats. A noter qu'une plus grande diversité de PCDD/F a pu être quantifiée sur les prélèvements par lingette que sur les prélèvements en jauges alors que les LQ atteintes pour les deux méthodes sont relativement proches.

Les résultats obtenus dans cette étude montent que la signature chimique ne subsistera pas plus de 2 mois après l'évènement dans le cas des ETM, et 1 mois dans le cas des composés organiques. A noter qu'elle peut décroitre plus rapidement en fonction des conditions météorologiques et de l'exposition aux UV dans le cas des composés organiques. Ainsi, dans un cadre (post-)accidentel, les prélèvements surfaciques doivent être réalisés au plus tôt après l'évènement. Lorsque la signature chimique est facilement discernable du fond, il est possible de privilégier le prélèvement sur les surfaces horizontales pour maximiser la quantité prélevée. Au contraire, lorsqu'elle est susceptible de se retrouver dans la pollution historique ou dans les matériaux composant les surfaces, les prélèvements sur des surfaces verticales, notamment en verre, peuvent être privilégier pour bénéficier d'un niveau de fond, a priori, plus faible. Il faut souligner la forte hétérogénéité spatiale observée dans le cas des prélèvements surfacique, jusqu'à un facteur 10 dans le cas des PCDD/F. Ce constat confirme la nécessité d'interpréter les résultats de mesure issus de prélèvements surfaciques de manière qualitative, en particulier dans un cadre d'urgence lors d'un accident d'origine technologique.

6 Annexes

6.1 Annexe 1 : Surfaces compatibles avec un prélèvement par lingette référencées sur le territoire national 44
6.2 Annexe 2 : Emplacements de prélèvements surfaciques à Verneuil-en-Halatte et Creil. .. 45
6.3 Annexe 3 : Présentations des méthodes d'analyses des échantillons 46
6.4 Annexe 4 : Evolution temporelle des dépôts surfaciques d'ETM 48
6.5 Annexe 5 : Coefficient de comparaison entre prélèvement surfacique et prélèvement par collecteur en fonction du temps et des types de surface. 49
6.6 Annexe 6 : Tableaux de mesures des PCDD/F et PCB 51

6.1 Annexe 1 : Surfaces compatibles avec un prélèvement par lingette référencées sur le territoire national

Sur le terrain et en conditions d'urgence, il est toujours difficile de trouver des emplacements impactés par des retombées accidentelles comportant des surfaces planes, peu rugueuses, adaptées au prélèvement surfacique par lingette. Un référencement de supports pouvant être trouvés facilement sur l'ensemble sur territoire et dont les emplacements sont recensés dans des bases de données en ligne a donc été effectué. Les emplacements de prélèvements à Creil et à Verneuil-en-Halatte choisis dans cette étude ont été sélectionnés sur la base de ce référencement.

Le tableau suivant présente chaque type de support identifié et le lien internet permettant de localiser leurs positions.

Tableau 25 : Supports référencés sur le territoire national

Photographie	Type de support	Lien internet
	Collecteur de déchets à vêtements Le Relais	https://www.lerelais.org/oudonner.php ou Je dépose - Où trouver un point de collecte près de chez moi ?
	Collecteur de déchet à verre	Localiser le recyclage en France: Carte de localisation des PAV des associations, des entreprises et des collectivités ou Smédar | Découvrez les points de collecte près de chez vous
	Arrêt de bus	Arrêt de bus à proximité - Localisation, Horaires - Mappy
	Boites aux lettres de la Poste	https://localiser.laposte.fr/
	Borne incendie	Carte Interactive pour faciliter la DECI (défense contre incendie) - Réutilisations – IDéO
	Bac à sel ou sable	Bacs à sel - data.gouv.fr

6.2 Annexe 2 : Emplacements de prélèvements surfaciques à Verneuil-en-Halatte et Creil.

Tableau 26: Localisation des emplacements des prélèvements de la campagne réalisée à Creil et Verneuil-en-Halatte

Code	Type de Support	Site	Coordonnées (WGS 84)
V1	Collecteur de Vêtement	Verneuil-en-Halatte	lon : 2.5142°
			lat : 49.2751°
			Rue de l'Egalité
V2	Borne Incendie (plastique)	Verneuil-en-Halatte	lon : 2,5096
			lat : 49,2785
			Rue de Aristide Briand
V3	Collecteur de déchet en verre	Verneuil-en-Halatte	lon : 2,534988°
			lat : 49,289421°
			Voie Savaterie
V4	Boite aux lettres de la Poste	Verneuil-en-Halatte	lon : 2,5239°
			lat : 49,2821°
			Rue du Muget
V5	Arrêt de bus	Verneuil-en-Halatte	lon : 2,524236°
			lat : 49,267092°
			Rue du Président Wilson
V6	Borne incendie (métal peint)	Verneuil-en-Halatte	lon : 2,533983°
			lat : 49,266739°
			Rue Carnot
C1	Boite blanche électronique	Creil	lon : 2,48923°
			lat : 49,27285°
			Rue du Clos Barrois
C2	Collecteur de déchet verre (matériau plastique)	Creil	lon : 2,472918°
			lat : 49,266367°
			Rue Georges Stephenson
C3	Collecteur de vêtements	Creil	lon : 2,472918°
			lat : 49,266367°
			Rue Georges Stephenson
C4	Arrêt de bus	Creil	lon : 2,474892°
			lat : 49,260229°
			Rue de la République
C5	Boite aux lettres	Creil	lon : 2,47588°
			lat : 49,25927°
			Rue de la République
C6	Collecteur de déchet en verre	Creil	lon : 2,471201°
			lat : 49,250918°
			Rue Gérard de Nerval

6.3 Annexe 3 : Présentations des méthodes d'analyses des échantillons

6.3.1 Analyse des HAP dans les lingettes et collecteurs

L'analyse des HAP a été réalisée par chromatographie en phase liquide à haute performance couplée à un détecteur à barrette de diodes et un détecteur par fluorescence pour les lingettes par un laboratoire externe.

6.3.2 Analyse élémentaire dans les lingettes et collecteurs

Les analyses des éléments-traces métalliques ont été réalisés au laboratoire de l'Ineris. Après minéralisation des échantillons, ces derniers ont été analysés par plasma à couplage inductif couplée à un spectromètre à émission atomique (ICP-OES) et un spectromètre de masse (ICP-MS), selon les normes référencées dans le tableau suivant.

Traitement / analyse	Référentiel MO, norme / version
Minéralisation des collecteurs et des lingettes	NF-EN-14902
Analyse par ICP-MS	NF-EN-17294-2
Analyse par ICP-OES	NF-EN-11885

6.3.3 Analyse des PCDDF et PCB dans les lingettes et collecteurs

Les dioxines, furanes et PCB, ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse haute performance couplée à un spectromètre de masse haute performance par le laboratoire en sous-traitance.

6.3.4 Normes associées

La collecte des retombées atmosphériques totales est normalisée pour quelques composés.

Composés	Norme associée		Collecteur	Méthode d'analyse
	Prélèvement	Analyse		
As, Cd, Ni, Pb	NF EN 15841	NF EN ISO 17294	PEHD	ICP-MS après minéralisation aux micro-ondes
Hg		NF EN ISO 17852	PEHD	Florescence atomique
Autres métaux	NF X 43-014	NF EN ISO 17294	PEHD	ICP-MS ou ICP-AES après minéralisation aux micro-ondes
PCDD/F	NF X 43-014	NF EN ISO 18073	Verre	HRGC/HRMS
Autres composés organiques	NF X 43-014	-	Verre	HRGC/HRMS

- PEHD : PolyEthylène Haute Densité

6.4 Annexe 4 : Evolution temporelle des dépôts surfaciques d'ETM

Dans les blancs de lingettes, plusieurs substances ont été mesurées à des niveaux supérieurs aux limites de quantification (voir Tableau 2), telles que l'aluminium, l'arsenic, le baryum, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le phosphore, le soufre, l'antimoine, le silicium, le titane, le vanadium et le zinc. Afin de s'affranchir d'une éventuelle influence propre aux surfaces échantillonnées, des blancs de surface ont également été réalisés avant les prélèvements mensuels (Tableau 10). Sur l'ensemble de ces blancs de surface, et indépendamment du type de surface ou de son orientation, seuls le mercure (majoritairement gazeux), le lithium et le sélénium n'ont pas été détectés au-dessus de la limite de quantification. Le cadmium et le cobalt n'ont, quant à eux, dépassé la limite de quantification que sur les surfaces en verre. Ainsi, des traces de différents ETM ont été quantifiées dans l'ensemble des blancs de surface, comparables voire légèrement au-dessus des blancs de lingettes. Ces blancs n'empêchent pas l'exploitation correcte des données de la campagne.

Certains éléments mesurés du même ordre de grandeur que les blancs de surface

Dans le cas des échantillons, pour certaines substances comme le zinc, le phosphore, l'arsenic ou le cuivre, les concentrations mesurées dans les échantillons sont restées proches de celles observées dans les blancs de surface.

Quelques pics observés en mercure et en cadmium

Parmi les substances pour lesquelles peu de données permettent d'analyser une évolution temporelle, le mercure n'a été quantifié au-dessus de la LQ que ponctuellement au cours de la campagne. Sa présence a été principalement observée sur la surface horizontale en verre, avec des détections en octobre et décembre et une valeur maximale enregistrée en novembre. Le cadmium n'a été mesuré au-dessus de la limite de quantification que de manière isolée, uniquement sur les surfaces horizontales.

Observation pour le reste des substances

Enfin, pour le reste des substances, on observe globalement une diminution progressive des concentrations au cours du temps sur les surfaces horizontales, tandis que les surfaces verticales présentent le plus souvent des niveaux comparables à ceux des blancs de surface. Ce comportement a notamment été observé pour l'étain, le silicium et l'antimoine, et illustré par les profils du fer et du plomb.

D'autres substances présentent un maximum de concentration en début de période, en particulier en septembre, comme le chrome, le titane ou le vanadium. À l'inverse, certains éléments affichent des comportements distincts, avec des concentrations supérieures aux blancs de surface et également sur les surfaces verticales et des valeurs maximales enregistrées entre novembre et janvier, et pour lesquels des niveaux de dépôts se distinguent nettement du fond sur toutes les surfaces en novembre ou décembre.

C'est notamment le cas du cobalt, du nickel, du lithium et du sélénium. Bien que ces valeurs de dépôts soient relativement faibles, elles se détachent du fond qui reste très proche de la limite de quantification. Elles pourraient correspondre à une signature chimique, ténue, propre à des essais menés à l'Ineris sur des batteries Li-ions à proximité du lieu de prélèvement. Il est intéressant de souligner que cette signature chimique est plus élevée sur les surfaces horizontales que sur les verticales (d'un facteur 2 à plus de 3 pour le lithium) et ne se retrouve pas dans le prélèvement par collecteur.

Ainsi, lors de certains accidents technologiques générant des dépôts à la signature chimique facilement identifiable, mais contenant exceptionnellement peu de carbone suie, il pourrait être pertinent de rechercher un éventuel marquage environnemental de la zone impactée sur des surfaces peu affectées par la pollution historique, telles que les fenêtres des bâtiments. Cette démarche reste néanmoins marginale, les prélèvements surfaciques ciblent en priorité les dépôts de suie visibles.

Comme attendu, étant donné les dépôts secs s'accumulant visiblement sur les surfaces horizontales, les niveaux de concentrations d'ETM sur celles-ci sont généralement plus élevées que sur les surfaces verticales. Les concentrations sur surfaces verticales sont souvent de l'ordre du blanc de surface.

6.5 Annexe 5 : Coefficient de comparaison entre prélèvement surfacique et prélèvement par collecteur en fonction du temps et des types de surface.

*Tableau 27 : Coefficient de comparaison entre une mesure de dépôt d'ETM sur plaque horizontale (HP et VV) et une mesure en collecteur**

Polluant	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Ag	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	-0,3	0,92	-0,83	0,14	-0,14	-0,3
As	1,86	< LQ	0,82	< LQ	4,51	5,72
Ba	-0,22	1,81	-0,69	-0,21	-0,49	-0,22
Be	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cd	-0,51	< LQ	-0,8	< LQ	< LQ	< LQ
Co	-0,09	< LQ	-0,81	2,1	2,82	-0,44
Cr	-0,2	2,04	-0,61	-0,1	-0,44	0,44
Cu	-0,12	6,85	-0,51	-0,34	-0,62	-0,23
Fe	-0,24	1,54	-0,73	-0,47	-0,31	-0,29
Hg	< LQ	< LQ	< LQ	-0,63	< LQ	< LQ
Li	-0,45	< LQ	-0,8	13,66	< LQ	1,45
Mn	-0,59	2,35	-0,84	-0,48	-0,38	-0,48
Ni	-0,25	< LQ	-0,54	0,71	1,17	-0,68
P	-0,43	5,45	-0,35	1,92	5,73	4,23
Pb	-0,14	1,09	-0,75	-0,41	-0,34	-0,79
S	0,49	14,26	-0,27	-0,33	0,45	0,15
Sb	0,17	2,82	-0,48	-0,13	-0,02	-0,27
Se	-0,63	< LQ	< LQ	-0,76	-0,29	< LQ
Si	0,07	1,21	-0,61	0,29	1,1	0
Sn	-0,64	1,89	-0,57	-0,33	-0,49	-0,46
Te	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Ti	-0,29	0,17	-0,79	-0,06	-0,74	-0,25
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
V	-0,65	-0,17	-0,78	-0,63	-0,57	-0,48
Zn	16,36	63,65	9,95	15,65	8,73	14,7

Surface horizontale plastique

Polluant	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Ag	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	-0,55	0,96	-0,84	-0,12	-0,35	-0,21
As	2,48	< LQ	0,91	< LQ	4,87	5,36
Ba	-0,44	2,01	-0,71	-0,25	-0,64	-0,29
Be	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cd	-0,43	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Co	-0,17	< LQ	-0,7	43,93	-0,22	-0,68
Cr	-0,26	1,89	-0,61	-0,13	-0,59	-0,04
Cu	-0,15	5,83	-0,59	-0,15	-0,6	-0,28
Fe	-0,5	1,49	-0,75	-0,47	-0,39	-0,26
Hg	< LQ	< LQ	-0,71	-0,58	< LQ	< LQ
Li	-0,66	< LQ	-0,82	53,94	< LQ	9,15
Mn	-0,7	2,9	-0,85	0,67	-0,53	-0,47
Ni	-0,24	< LQ	-0,62	7,54	-0,26	< LQ
P	-0,27	5,5	-0,33	2,69	7,44	4,35
Pb	-0,32	1,46	-0,72	-0,42	0,04	-0,71
S	0,52	15,92	-0,32	-0,22	0,15	-0,26
Sb	0,04	2,72	-0,52	0,13	-0,18	-0,27
Se	< LQ	< LQ	-0,91	-0,41	-0,45	-0,53
Si	-0,14	1,41	-0,67	0,31	1,06	-0,02
Sn	-0,37	3,18	-0,31	-0,16	-0,31	0,05
Te	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Ti	-0,56	0,28	-0,76	-0,29	-0,87	0,06
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
V	-0,65	-0,09	-0,8	-0,66	-0,63	-0,46
Zn	16,36	46,82	10,4	18,87	10,89	14,4

Surface horizontale en verre

*pour faciliter la lecture, les valeurs sont grisées quand elles sont inférieures à la LQ ou quand elles sont hors critère de sélection -0.46 < C < 0.86

*Tableau 28 : Coefficient de comparaison entre une mesure de dépôt d'ETM sur plaque verticale (VP et VV) et une mesure en collecteur**

Polluant	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Ag	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	-0,95	-0,79	-0,96	-0,56	-0,62	-0,71
As	1,23	23,94	**0,44**	18,09	4,51	4,37
Ba	-0,82	**-0,29**	-0,85	**-0,46**	-0,79	-0,66
Be	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cd	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Co	< LQ	< LQ	< LQ	0,95	-0,58	-0,76
Cr	-0,74	**-0,12**	-0,84	**-0,44**	-0,53	-0,49
Cu	-0,53	2,06	-0,64	**-0,09**	-0,73	-0,62
Fe	-0,93	-0,7	-0,93	-0,78	-0,8	-0,78
Hg	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Li	< LQ	**0,02**	< LQ	5,62	< LQ	2,79
Mn	-0,91	**-0,08**	-0,92	-0,67	-0,7	-0,72
Ni	-0,82	< LQ	-0,62	**0,13**	**-0,35**	< LQ
P	-0,49	3,95	**-0,46**	2,01	6,94	3,18
Pb	-0,98	-0,88	-0,96	-0,7	-0,86	-0,95
S	**0,63**	13,11	**-0,33**	**-0,28**	**0,19**	**0,34**
Sb	-0,7	**0,69**	-0,8	**-0,28**	**-0,38**	-0,59
Se	< LQ	< LQ	< LQ	-0,76	< LQ	-0,75
Si	-0,71	**-0,26**	-0,83	**0,26**	**0,77**	**-0,35**
Sn	-0,93	-0,5	-0,88	-0,78	-0,87	-0,85
Te	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Ti	-0,92	-0,6	-0,89	-0,49	-0,9	-0,62
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
V	-0,92	-0,68	-0,93	-0,83	-0,78	-0,78
Zn	11,96	34,63	8,68	16,56	10,2	12,39

Surface verticale en plastique

Polluant	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
Ag	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	-0,96	-0,87	-0,98	-0,58	-0,73	-0,84
As	1,06	< LQ	**0,62**	< LQ	4,73	4,94
Ba	-0,83	**-0,19**	-0,84	-0,5	-0,78	-0,64
Be	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cd	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Co	< LQ	**-0,36**	< LQ	0,63	-0,65	< LQ
Cr	-0,77	**-0,13**	-0,86	-0,47	-0,79	-0,57
Cu	-0,59	2,11	-0,74	1,08	-0,75	-0,53
Fe	-0,95	-0,78	-0,96	-0,82	-0,85	-0,83
Hg	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Li	< LQ	< LQ	< LQ	20,95	< LQ	19,26
Mn	-0,92	**-0,16**	-0,93	-0,71	-0,71	-0,8
Ni	-0,8	< LQ	-0,92	< LQ	-0,6	< LQ
P	-0,56	**3,75**	**-0,43**	**1,82**	7,5	**3,59**
Pb	-0,99	-0,93	-0,98	-0,85	-0,88	-0,96
S	**0,24**	11,87	**-0,35**	**-0,43**	**0,07**	**-0,31**
Sb	-0,75	**0,4**	-0,78	-0,48	-0,48	-0,62
Se	< LQ	< LQ	< LQ	-0,65	-0,82	-0,58
Si	-0,71	**-0,4**	-0,84	**-0,22**	0,92	**-0,45**
Sn	-0,95	-0,73	-0,83	-0,82	-0,84	-0,76
Te	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Ti	-0,93	-0,73	-0,95	-0,68	-0,93	-0,58
Tl	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
V	-0,94	-0,84	-0,95	-0,85	-0,81	-0,84
Zn	9,82	34,32	9,35	14,45	10,74	13,47

Surface verticale en verre

* pour faciliter la lecture, les valeurs sont grisées quand elles sont inférieures à la LQ ou quand elles sont hors sur critère de sélection -0.46 < c < 0.86

6.6 Annexe 6 : Tableaux de mesures des PCDD/F et PCB

6.6.1 Mesures des dioxines et furanes

Tableau 29 : Mesures de dioxines sur la surface horizontale plastique en pg/lingettte

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,427	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,521	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,693	3,628
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	0,85	0,698	6,25	6,67
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,873	1,412
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	0,23	0,51	<LQ	2,763	4,455
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,87	1,916
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,764
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	2,57
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,3	1,969

Tableau 30 : Mesures de dioxines sur la surface horizontale verre en pg/lingette

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,676	1,139
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,06	3,075
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,586	2,837
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	2,575	10,886	17,193	12,629	187,977	271,872
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	0,343	<LQ	<LQ	2,31	3,046
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,781
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,08
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,754	1,881
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,15	2,004

Tableau 31 : Mesures des dioxines sur la surface verticale plastique en pg/lingette

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**1,159**
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**12,185**	**55,823**
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**5,114**	**39,873**
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**1,614**	**1,913**
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**1,329**	**1,115**
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**2,352**
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**0,818**	**1,21**
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	**2,965**	<LQ	**1,164**	<LQ	**5,545**	**10,403**
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 32 : Mesures des dioxines sur la surface verticale en verre en pg/lingette

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,753	3,928
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,488	0,746
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,415	5,103
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,538	4,979
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	2,243	4,635	1,756	29,176	36,825
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,202	3,674
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 33 : Mesure des PCDD/F dans les prélèvements surfaciques au cours du temps (en pg/lingette)

		2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	2,3,7,8 TCDF *	1,2,3,7,8 PeCDF *	2,3,4,7,8 PeCDF *	1,2,3,4,7,8 HxCDF *	1,2,3,6,7,8 HxCDF *	2,3,4,6,7,8 HxCDF *	1,2,3,7,8,9 HxCDF *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF *	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF *	OCDF *
Blancs	Blanc de lingette	< 1,146	< 1,082	< 0,832	< 0,784	< 0,802	**3,707**	**7,36**	< 2,110	< 0,588	< 0,678	< 1,128	< 0,930	1,937	< 0,928	7,721	< 0,972	5,268
	Blanc de lingette	< 1,922	< 1,802	< 0,988	< 0,800	< 0,952	< 1,522	< 4,314	< 1,906	< 0,968	< 1,118	< 0,732	< 0,628	< 0,674	< 0,842	< 0,844	< 1,108	< 2,042
	HP	< 1,548	< 2,400	< 2,280	< 2,016	< 2,100	< 1,280	< 1,832	< 1,364	< 1,440	< 1,468	< 1,388	< 1,152	< 0,980	< 1,252	< 0,572	< 0,804	< 1,892
	VP	< 1,576	< 1,844	< 1,308	< 1,308	< 1,204	< 0,916	< 0,956	< 1,252	< 1,468	< 1,500	< 0,848	< 0,728	< 0,628	< 0,804	< 0,496	< 0,700	< 1,116
	HV	< 2,516	< 3,312	< 1,520	< 1,408	< 1,396	< 1,512	< 2,176	< 2,444	< 1,696	< 1,732	< 1,088	< 0,956	< 0,932	< 1,192	< 0,864	< 1,220	< 1,856
	VV	< 1,136	< 0,856	< 0,484	< 0,448	< 0,466	< 0,962	< 1,796	< 0,730	< 0,658	< 0,760	< 0,568	< 0,458	< 0,450	< 0,560	< 0,470	< 0,618	**2,185**
Août	HP	< 2,700	< 3,560	< 2,720	< 2,324	< 2,504	< 1,992	< 2,712	< 2,440	< 2,692	< 2,748	< 1,260	< 1,480	< 1,356	< 1,732	< 0,972	< 1,372	< 3,456
	VP	< 1,768	< 3,308	< 1,876	< 1,408	< 1,728	< 1,828	< 1,924	< 1,536	< 1,544	< 1,576	< 1,432	< 1,456	< 1,092	< 1,396	< 0,656	< 0,924	< 2,540
	HV	< 2,552	< 4,148	< 2,752	< 1,876	< 2,532	< 1,908	< 4,944	< 2,668	< 2,476	< 2,528	< 1,916	< 1,768	< 1,568	< 2,008	< 0,940	< 1,324	< 3,628
	VV	< 2,008	< 3,256	< 1,684	< 1,520	< 1,552	< 1,180	< 1,756	< 1,536	< 1,784	< 1,820	< 1,288	< 1,184	< 0,920	< 1,176	< 0,716	< 1,012	< 2,116
Septembre	HP	< 0,310	< 0,520	< 0,320	< 0,276	< 0,224	**0,427**	< 1,240	< 0,338	< 0,216	< 0,198	< 0,126	< 0,132	< 0,108	< 0,132	**0,213**	< 0,170	< 0,346
	VP	< 0,436	< 0,734	< 0,590	< 0,510	< 0,412	< 0,364	**1,159**	< 0,398	< 0,268	< 0,244	< 0,176	< 0,172	< 0,160	< 0,192	< 0,134	< 0,184	< 0,566
	HV	< 0,338	< 0,608	< 0,212	< 0,182	< 0,148	< 0,362	< 0,778	< 0,352	< 0,328	< 0,300	< 0,162	< 0,160	< 0,146	< 0,176	**0,246**	< 0,172	< 0,648
	VV	< 0,496	< 0,762	< 0,342	< 0,294	< 0,240	< 0,506	< 1,378	< 0,374	< 0,366	< 0,334	< 0,168	< 0,172	< 0,154	< 0,186	**0,195**	< 0,188	< 0,560
Octobre	HP	< 0,788	< 0,880	< 0,442	< 0,458	< 0,426	**2,693**	**30,628**	< 1,062	< 0,962	< 1,110	< 0,654	< 0,608	< 0,504	< 0,630	**1,468**	< 0,468	< 0,970
	VP	< 0,316	< 0,356	< 0,216	< 0,238	< 0,208	**12,185**	**55,823**	< 0,352	< 0,306	< 0,354	< 0,382	< 0,362	< 0,282	< 0,352	**2,943**	< 0,374	**9,985**
	HV	< 0,248	< 0,346	< 0,226	< 0,234	< 0,218	**1,06**	**3,075**	< 0,384	< 0,260	< 0,300	< 0,266	< 0,256	< 0,208	< 0,258	**0,896**	< 0,228	< 0,370
	VV	< 0,724	< 1,316	< 0,592	< 0,798	< 0,564	**1,753**	**3,928**	< 0,958	< 0,870	< 0,922	< 0,682	< 0,612	< 0,614	< 0,706	**1,523**	< 0,822	**1,816**
Novembre	HP	< 0,282	< 0,494	< 0,270	< 0,260	< 0,212	**0,873**	**1,412**	< 0,442	< 0,468	< 0,462	**0,411**	**0,327**	**0,346**	< 0,604	**1,57**	< 0,410	**1,072**
	VP	< 0,276	< 0,684	< 0,522	< 0,530	< 0,410	**1,614**	**1,913**	< 0,342	< 0,406	< 0,402	< 0,416	< 0,350	**0,547**	< 0,690	**1,935**	< 0,640	**1,018**
	HV	< 0,408	**2,575**	**10,886**	**17,193**	**12,629**	**187,977**	**271,872**	**0,559**	**6,129**	**12,098**	**91,076**	**94,404**	**119,685**	**19,794**	**857,32**	**79,128**	**232,051**
	VV	< 0,402	< 0,662	< 0,546	< 0,522	< 0,428	**3,415**	**5,103**	< 0,572	< 0,520	< 0,514	< 0,418	< 0,362	< 0,402	< 0,740	**1,758**	< 0,604	**1,254**

		2,3,7,8 TCDD *	1,2,3,7,8 PeCDD *	1,2,3,4,7,8 HxCDD *	1,2,3,6,7,8 HxCDD *	1,2,3,7,8,9 HxCDD *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD *	OCDD *	2,3,7,8 TCDF *	1,2,3,7,8 PeCDF *	2,3,4,7,8 PeCDF *	1,2,3,4,7,8 HxCDF *	1,2,3,6,7,8 HxCDF *	2,3,4,6,7,8 HxCDF *	1,2,3,7,8,9 HxCDF *	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF *	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF *	OCDF *
Décembre	HP	< 0,302	< 0,534	< 0,532	< 0,568	< 0,476	**1,087**	**1,916**	< 0,720	< 0,548	< 0,610	< 0,574	< 0,472	< 0,436	< 0,490	**0,957**	< 0,598	**1,533**
	VP	< 0,520	< 0,728	< 0,712	< 0,792	< 0,638	< 1,000	**2,352**	< 1,474	< 1,352	< 1,502	< 1,314	< 1,232	< 1,180	< 1,320	**4,539**	< 0,496	**1,89**
	HV	< 0,452	< 0,614	< 0,380	< 0,412	< 0,340	< 0,690	**1,781**	< 0,652	< 0,444	< 0,494	< 0,454	< 0,402	**0,575**	< 0,446	**1,163**	< 0,566	< 0,412
	VV	< 0,874	< 2,518	**2,243**	**4,635**	**1,756**	**29,176**	**36,825**	< 1,748	**4,583**	**6,62**	**16,948**	**21,98**	**30,793**	**4,833**	**141,048**	**13,485**	**65,055**
Janvier	HP	< 0,382	< 0,568	< 0,368	< 0,362	< 0,316	**1,002**	**2,057**	< 0,404	< 0,380	< 0,382	**0,371**	**0,367**	< 0,234	**1,078**	**0,766**	< 0,328	**0,519**
	VP	< 1,136	**2,965**	< 0,792	**1,164**	< 0,708	**5,545**	**10,403**	**1,724**	< 1,204	**2,12**	**1,616**	**2,676**	**3,009**	**1,962**	**9,425**	**1,624**	**30,656**
	HV	< 0,226	< 0,340	< 0,152	< 0,150	< 0,130	**0,754**	**1,881**	< 0,308	**0,563**	< 0,258	< 0,154	**0,166**	< 0,160	**0,653**	**0,488**	< 0,114	< 0,394
	VV	< 2,786	< 3,708	< 2,372	< 1,698	< 1,648	< 2,682	< 2,716	< 2,824	< 2,612	< 2,674	< 2,490	< 1,674	< 2,164	< 2,668	< 0,894	< 1,280	< 5,528

6.6.2 Mesures des PCB indicateurs

Tableau 34 : Mesures de PCB indicateur (ng/échantillon) sur la surface horizontale plastique

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	**0,72**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,07**	**0,09**	**0,04**
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	**0,07**	**0,08**	**0,07**	**0,05**	**0,06**	**0,04**
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	**0,42**	**0,26**	**0,19**	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	**0,29**	**0,22**	**0,19**	<LQ	**0,18**	**0,10**
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	**0,19**	**0,17**	**0,08**	**0,07**	**0,06**	**0,03**
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	**0,23**	**0,23**	**0,08**	**0,06**	**0,06**	**0,02**
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	**0,45**	**0,23**	**0,06**	<LQ	**0,06**	**0,09**
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	**0,35**	**0,18**	**0,07**	<LQ	<LQ	**0,06**
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	**0,79**	**0,50**	**0,14**	**0,10**	**0,10**	**0,05**
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	**0,94**	**0,36**	**0,14**	**0,10**	**0,09**	**0,04**

Tableau 35 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface horizontale en verre (HV)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,03**	**0,06**	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	**0,06**	**0,07**	**0,07**	**0,07**	**0,07**	**0,04**
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	**0,24**	**0,18**	**0,11**	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	**0,21**	**0,21**	**0,12**	<LQ	<LQ	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	**0,27**	**0,49**	**0,58**	**0,37**	**0,54**	**0,10**
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	**0,10**	**0,13**	**0,07**	<LQ	<LQ	**0,03**
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	**0,39**	**0,22**	**0,09**	<LQ	**0,06**	<LQ
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	**0,53**	**0,33**	**0,11**	<LQ	<LQ	**0,04**
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	**0,73**	**0,37**	**0,11**	**0,06**	**0,09**	**0,04**
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	**0,73**	**0,43**	**0,19**	**0,12**	**0,13**	**0,06**

Tableau 36 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface verticale en plastique (VP)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	**0,07**	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,08**	**0,04**
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	**0,07**	**0,07**	**0,05**	**0,06**	**0,07**	**0,03**
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	**0,24**	**0,20**	**0,09**	<LQ	**0,10**	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	**0,18**	**0,18**	<LQ	<LQ	**0,09**	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	**0,24**	**0,23**	**0,10**	**0,07**	**0,08**	0,03
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	**0,16**	**0,18**	**0,07**	**0,07**	**0,05**	0,03
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	**0,44**	**0,24**	**0,06**	<LQ	**0,07**	**<LQ**
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	**0,43**	**0,27**	**0,07**	<LQ	<LQ	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	**2,01**	**1,12**	**0,62**	**0,20**	**0,32**	**0,12**
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	**0,66**	**0,33**	**0,15**	**0,07**	**0,08**	<LQ

Tableau 37 : Mesures des PCBi (en ng/échantillon) sur la surface verticale en verre (VV)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	**0,10**	**0,07**	<LQ	<LQ	<LQ	**0,03**
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	**0,07**	**0,07**	**0,05**	**0,05**	**0,07**	**0,03**
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	**0,21**	**0,17**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	**0,18**	**0,13**	**0,07**	<LQ	<LQ	**0,04**
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	**0,18**	**0,18**	**0,11**	**0,07**	**0,07**	**0,02**
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	**0,18**	**0,17**	**0,07**	**0,05**	**0,05**	**0,01**
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	**0,49**	**0,23**	<LQ	<LQ	**0,06**	**0,03**
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	**0,60**	**0,30**	**0,06**	<LQ	**0,05**	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	**0,90**	**0,61**	**0,29**	**0,24**	**0,22**	**0,08**
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	**0,84**	**0,47**	**0,23**	**0,15**	**0,17**	**0,07**

6.6.3 Mesures des PCB-dl

Tableau 38 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface horizontale en verre (HV)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 81	PCB 77	PCB 123	PCB 118	PCB 114	PCB 105	PCB 126	PCB 167	PCB 156	PCB 157	PCB 169	PCB 189
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**376,12**	<LQ	**169,52**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**30,02**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**65,10**	<LQ	**74,70**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**64,16**	<LQ	**59,53**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**58,06**	<LQ	**27,80**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**66,71**	<LQ	**37,89**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 39 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface horizontale en plastique (HP)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 81	PCB 77	PCB 123	PCB 118	PCB 114	PCB 105	PCB 126	PCB 167	PCB 156	PCB 157	PCB 169	PCB 189
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**26,059**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**96,568**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**98,586**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**22,969**	<LQ	**17,27**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**37,019**	<LQ	**18,034**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**51,571**	<LQ	**53,722**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**94,101**	<LQ	**78,481**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	**9,045**	**69,794**	<LQ	**54,437**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**50,693**	<LQ	**32,422**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 40 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface verticale plastique (VP)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 81	PCB 77	PCB 123	PCB 118	PCB 114	PCB 105	PCB 126	PCB 167	PCB 156	PCB 157	PCB 169	PCB 189
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**27,06**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**47,18**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**42,25**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**33,12**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	**44,43**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**68,17**	<LQ	**59,90**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**152,29**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**39,88**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 41 : Mesures de PCB-dl (en pg/échantillon) sur la surface verticale en verre (VV)

Date_debut	Date_fin	Temps d'accumulation	PCB 81	PCB 77	PCB 123	PCB 118	PCB 114	PCB 105	PCB 126	PCB 167	PCB 156	PCB 157	PCB 169	PCB 189
05/07/2023	05/07/2023	Blanc de surface	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/09/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/09/2023	05/10/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/10/2023	2 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/10/2023	06/11/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	06/11/2023	3 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**33,88**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
06/11/2023	05/12/2023	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**37,01**	<LQ	**16,62**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/12/2023	4 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**30,19**	<LQ	**17,46**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/12/2023	05/01/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**33,32**	<LQ	**35,51**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/01/2024	5 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**71,40**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/01/2024	05/02/2024	1 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**105,16**	<LQ	**42,27**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
05/08/2023	05/02/2024	6 mois	<LQ	<LQ	<LQ	**103,98**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Institut national de l'environnement industriel et des risques
Parc technologique Alata • BP 2 • F-60550 Verneuil-en-Halatte-en-Halatte
03 44 55 66 77 • ineris@ineris.fr • www.ineris.fr