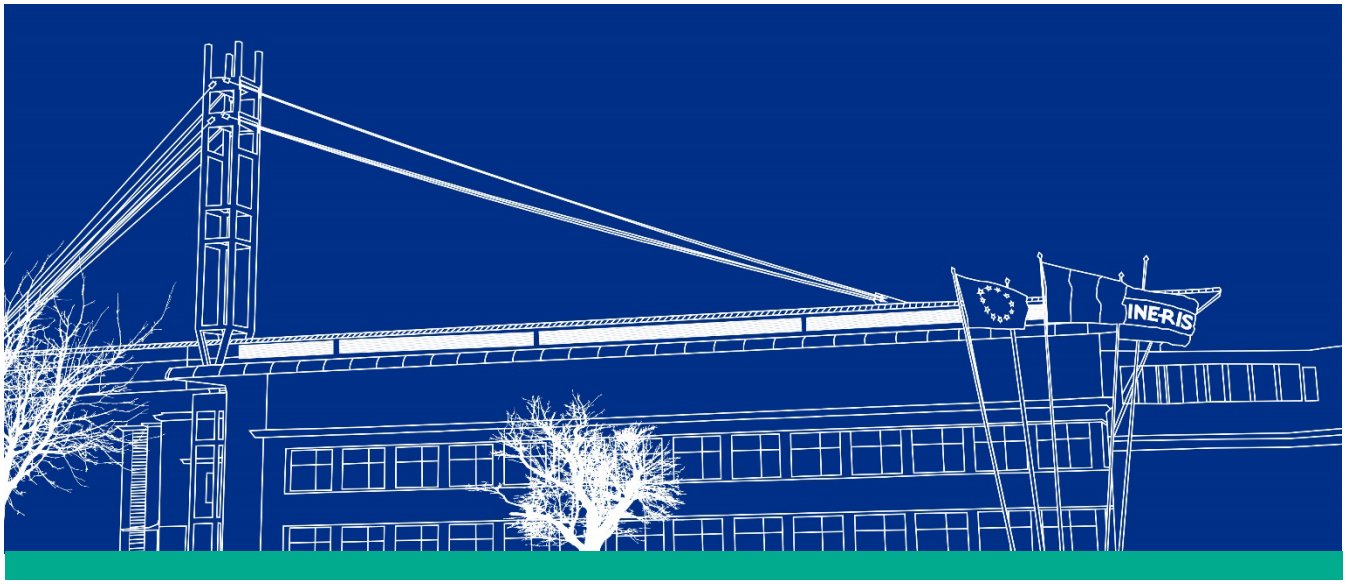
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 221905 - 2845442 - v1.0

11/08/2026

Etat des lieux des données de dépôts atmosphériques prélevés par jauges ou par lingettes – Décembre 2025.

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 : CLAUDE Theo, AMODEO Tanguy

Vérification : QUERON JESSICA

Approbation : LEOZ-GARZIANDIA EVA - le 11/08/2026

Table des matières

1 Contexte 5
2 Définition des dépôts atmosphériques 6
3 Synthèse bibliographique des données disponibles concernant les dépôts atmosphériques 8
3.1 Prélèvements par collecteur 8
3.1.1 Valeurs de gestion 8
3.1.2 Surveillance réglementaire de l'air ambiant 9
3.1.3 Surveillance réglementaire autour d'ICPE 9
3.1.4 Littérature scientifique 10
3.2 Prélèvements par lingettes 16
3.2.1 Valeurs de gestion 16
3.2.2 Littérature scientifique 17
4 Etat des lieux des sources 18
5 Conclusion et perspectives 20
5.1 Actions spécifiques aux prélèvements par jauges 20
5.2 Actions spécifiques aux prélèvements par jauges prélèvements surfaciques par lingette 21
6 Annexes 22
6.1 Evolutions des émissions dans l'air depuis 1990 22
6.2 Choix des polluants à considérer 27

Liste des figures

Figure 1 : Données mensuelles des dépôts de HAP prélevés par collecteur sur site de fond rural (MERA). 9
Figure 2 : Sites investigués dans le cadre de la thèse de Sam Azimi (tiré de [28]) 14
Figure 3 : Histogramme des dates des publications considérées dans cette étude 19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs de gestion existantes pour le prélèvement en jauge 8
Tableau 2 : Liste des publications traitant des dépôts de HAP 11
Tableau 3 : Liste des publications traitant des dépôts d'ETM 14
Tableau 4 : Liste des publications traitant des dépôts de PCDD/F 15
Tableau 5 : Valeurs de gestion existantes pour le prélèvement surfacique 17
Tableau 6 : Synthèse des sources de données de dépôts sur le prélèvement par jauge 18
Tableau 7 : Synthèse des sources de données de dépôts sur le prélèvement par lingette 18
Tableau 8 : Dates à partir desquelles les émissions peuvent être considérée comme relativement stables voire stables 19
Tableau 9 : Listes des métaux considérés selon les sources 27
Tableau 10 : Liste des HAP considérés selon les sources 28

Résumé

Cette étude synthétise un état des connaissances et des méthodes sur les dépôts atmosphériques des ETM, HAP et PCDD/F prélevés par jauges ou lingettes, en particulier en France. Elle distingue les prélèvements réalisés par jauges (méthode normalisée NF X43-014) et les prélèvements surfaciques par lingettes (basés sur la méthode ASTM D6966) utilisés en contexte post-accidentel, notamment dans le cas de l'incendie de Lubrizol/Normandie Logistique. Cette note s'adresse aux organismes en charge des opérations de prélèvement environnemental, impliqués dans la surveillance des retombées aux abords de sites industriels, tant en conditions de fonctionnement nominal qu'en situation accidentelle.

Concernant les jauges, l'étude met en relief les lacunes en termes de substances, d'environnements non documentés et des inhomogénéités de métriques (quantification des fractions solubles ou insolubles, variabilité des HAP sommés, hétérogénéité des facteurs d'équivalence toxique utilisés). En outre, elle souligne l'absence de valeurs réglementaires pour les dépôts atmosphériques (hors poussières totales) et l'obsolescence des valeurs de comparaison actuelles. Par ailleurs, elle souligne la possibilité de valoriser un grand nombre de données issues des emplacements témoins des plans de surveillance réalisés autour d'ICPE pour étayer les connaissances sur les niveaux de dépôts nationaux.

Concernant les prélèvements par lingette, bien qu'ils ne puissent être utilisés pour évaluer un niveau de fond de dépôt au sens de la surveillance de la qualité de l'air comme pour les prélèvements par jauges, ils restent fréquemment utilisés dans le cadre d'un accident technologique. Or, il est nécessaire de réaliser un prélèvement comparatif d'une même surface non souillée par l'évènement pour interpréter les résultats ce qui reste souvent complexe à mettre en œuvre sur le terrain. Ainsi, établir des valeurs de fond de prélèvement surfacique faciliterait le positionnement des résultats de mesure et l'identification du marquage environnemental. Cette étude permet d'établir que les connaissances restent extrêmement limitées dans ce cadre, à l'exception de certains cas très spécifiques comme celui de l'exposition au plomb.

Considérant cet état des lieux, plusieurs actions sont proposées en perspectives (dont certaines ont déjà été réalisées) et ont fait ou feront l'objet d'études spécifiques pour combler ces lacunes et faciliter l'interprétation des données de niveaux de dépôts prélevés en jauges ou par lingette :

- Une recherche bibliographique approfondie et valoriser les données existantes à la fois dans la littérature et dans les bases de données existantes regroupant les surveillances industrielles et les niveaux de fond nationaux (voir Ineris - 221905 - 2834559 - v0.5) ;
- Des mesures supplémentaires afin de compléter la liste des ETM et HAP surveillés via de nouvelles campagnes menées en synergie avec les sites du dispositif national de surveillance déjà implantés sur le territoire, dispositif MERA (rural) et dispositif CARA (urbain) sur une période représentative de 30% de l'année (voir Ineris - 221905 - 2845433 - v0.5) ;
- Une étude des limites du prélèvement par lingettes en le comparant au prélèvement par jauges pour différents matériaux constituant les surfaces prélevées afin d'optimiser la stratégie de prélèvement dans la cadre accidentel en ciblant des supports plus pertinents, fournissant des résultats plus répétables (voir Ineris - 221905 – 2838060, à paraître) ;
- Des prélèvements par lingettes in-situ pour évaluer les niveaux de fond et leurs variabilités sur différents supports fréquemment rencontrés sur le terrain pour différents types d'environnements, notamment ruraux et urbains (voir Ineris - 221905 – 2838060, à paraître).

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

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 - 2845442 - v1.0, Décembre 202511/08/2026.

Mots-clés :

Dépôts atmosphériques, jauges, lingettes, ETM, HAP, PCDD/F, valeurs de fond, témoins

1 Contexte

L'incendie de Lubrizol/Normandie Logistique qui s'est déroulé en septembre 2019 a fait l'objet de plusieurs retours d'expérience par les instances parlementaires et nationales[1], qui ont montré notamment la nécessité d'améliorer les outils d'appui aux situations d'urgence et post-accidentelles. Plusieurs milliers de prélèvements environnementaux ont été réalisés sur divers compartiments environnementaux pendant et après l'incendie notamment air, suies, sols superficiels, eaux superficielles et souterraines, eaux d'extinction, sédiments et denrées alimentaires. Le retour d'expérience de l'accident a démontré la difficulté de rassembler rapidement des valeurs de fond sur certaines matrices et substances. Les valeurs de fond représentent des gammes de valeurs permettant de caractériser un état de référence environnemental d'un milieu pour différentes typologies d'environnements (ruraux, urbains, industriels). Ces données peuvent faciliter l'interprétation des campagnes visant à cerner le marquage environnemental lors d'un accident d'origine technologique ou à une surveillance environnementale autour d'une installation classée pour la protection de l'environnement. Néanmoins, il est vivement conseillé de consulter prioritairement les données issues de mesures réalisées localement en zones témoins à proximité du site considéré lorsqu'elles existent.

Dans le cadre de ses missions d'appui aux pouvoirs publics, l'Ineris a été chargé en 2020 de faire un bilan des concentrations de polluants usuellement mesurés sur le territoire français[2] et d'établir pour chaque type de milieux (air, eau, sol) la liste des polluants pertinents à considérer en situation post-accidentelle pour lesquels les informations sont manquantes[3]. Lors de ces travaux, certains polluants concernés par les processus de dépôts atmosphériques, dont les suies, ont été identifiés comme étant relativement mal caractérisés à l'échelle du territoire. Il s'agit notamment des dépôts atmosphériques de dioxines et furanes (PCDD/F), d'hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP) et d'éléments-traces métalliques (ETM).

A noter que les flux de dépôts atmosphériques de polluants ne font pas l'objet de valeurs limites réglementaires en France. La seule valeur limite nationale concerne le flux total de dépôt sans spéciation chimique, dans le cadre de l'exploitation des carrières. Le prélèvement de PCDD/F, HAP et ETM est encadré par la norme NF X43-014. Il s'agit d'une technique de prélèvement passive consistant à récupérer les dépôts sec et humide dans un collecteur (jauge) dont le contenu est ensuite analysé en laboratoire (analysé en différé). Dans le cadre de la directive 2024/2881 (Directive - UE - 2024/2881 - EN - EUR-Lex) concernant la qualité de l'air ambiant, 5 éléments-traces métalliques (ETM) et 7 composés aromatiques polycycliques (HAP) doivent être mesurés dans les dépôts sur les supersites nationaux de surveillance caractéristiques de la pollution de fond urbaine et de fond rurale. Les prélèvements et analyses sont encadrés par les normes EN 15841:2009 (pour As Cd, Ni et Pb), EN 15853:2010 (Hg) et EN 15980:2011 (B[a]A, B[b]F, B[j]F, B[k]F, B[a]P, DB[a,h]A et IP). En outre, la mesure des PCDD/F et des ETM peut être effectuée dans le cadre de la surveillance réglementaire autour des ICPE. Sur la base d'études de ce type, réalisées entre 1991 et 2012, des valeurs de flux de dépôts atmosphériques ont pu être compilés et renseignés dans les fiches annexes au guide de surveillance des retombées atmosphériques autour des ICPE rédigé par l'Ineris[4]. En l'absence de valeurs réglementaires, les valeurs reportées dans ce guide sont couramment utilisées pour l'interprétation des mesures de ces polluants. Cependant, les représentativités spatiale et d'environnements ne sont pas bien renseignées pour l'ensemble des polluants. De plus, aucun travail de mise à jour n'est réalisé car il n'existe pas de canal de bancarisation des données de surveillance industrielle à l'échelle nationale hormis les poussières totales pour les carrières dont la production annuelle est supérieure à 150 000 tonnes à l'exception de celles exploitées en eau.

[1] Rapport d'information sur l'incendie d'un site industriel à Rouen, Assemblée Nationale, février 2020 ; Commission d'enquête chargée d'évaluer l'intervention des services de l'État dans la gestion des conséquences environnementales, sanitaires et économiques de l'incendie de l'usine Lubrizol à Rouen, rapport n°480, Sénat, juin 2020 ; Retour d'expérience après l'incendie d'un site industriel à Rouen en septembre 2019 – analyse et propositions sur la gestion de crise, rapport inter-inspection, mai 2020

[2] Valeurs de fond en situation post-accidentelle pour les milieux sol, eau et air, Rapport intermédiaire pour l'air extérieur, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 203892 - v1.0, 13/09/2021.

[3] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Valeurs de fond relatives aux milieux sol, eau et air en situation post-accidentelle : lacunes et proposition d'un plan d'action, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 206747 - v1.0, 202205/05/2022.

[4] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées - Retombées des émissions atmosphériques, Verneuil-en-Halatte : Ineris – 201065 - 2172207 - v1.0, décembre 2021.

Les mesures de type post-accidentel peuvent nécessiter de prélever des dépôts de suies existants et l'utilisation des collecteurs précités n'est alors pas toujours possible notamment en cas d'incendie de très courtes durées. L'utilisation de lingettes est décrite dans le guide post-accidentel Ineris comme un outil permettant d'identifier les substances présentes dans les particules déposées à la suite d'un incendie et ainsi aider au choix des substances à rechercher dans l'environnement (signature chimique de l'incendie) ou à la hiérarchisation des points de prélèvement. Elles sont utilisées directement au plus proche de la source ou pour prélever les suies visibles au niveau des premières habitations ou sur les sites d'intérêt, recevant du public, impactés par les retombées de l'accident. Cet outil de criblage n'a pas vocation à se substituer à d'autres matrices environnementales plus adaptées à l'interprétation sanitaire (sol, végétaux…). Cependant, l'incendie de Lubrizol et Normandie Logistique a été caractérisé par un transport de suies visibles sur de très longues distances. Dans ce contexte, la simplicité du déploiement et le besoin de réponses rapides quant au marquage de l'environnement ont entraîné une utilisation de cette technique de prélèvement surfacique à grande échelle. Cette utilisation inédite pour des mesures en extérieur a posé un certain nombre de questions en termes, d'une part, de protocoles de prélèvements et d'analyses et, d'autre part, d'exploitation des résultats et d'interprétation. La consolidation des protocoles a fait l'objet de travaux spécifiques dans le cadre des programmes d'appui 2020/2021. Le prélèvement surfacique de suies visibles ne peut être interprété seul. En effet, il n'est pas possible de dissocier l'impact de l'accident d'une contamination due au matériau prélevé (ex. : peinture au plomb) ou provenant d'une pollution historique (ex. : pollution industrielle locale). Ainsi, en accord avec le protocole harmonisé de prélèvement des suies visibles détaillé dans le guide de l'Ineris sur la stratégie de prélèvement et d'analyses à réaliser suite à un accident technologique[5], il est nécessaire de réaliser un prélèvement sur une surface similaire non souillée, dit « blanc de surface », pour chaque prélèvement de suie visible. Toutefois, trouver une telle surface sur le terrain reste une difficulté majeure et est même parfois impossible. Ainsi, bien que ce type de prélèvement ne soit pas utilisé pour évaluer le niveau de fond de dépôt au sens de la surveillance de la qualité de l'air, il serait également utile d'acquérir des valeurs de dépôts surfaciques de comparaisons pour positionner les résultats de mesure dans le cadre accidentel.

Ce rapport propose un inventaire de l'ensemble des informations disponibles concernant les données de dépôts atmosphériques de PCDD/F, HAP et ETM pour différentes typologies d'environnements (ruraux, urbains et industriels) mesurées par collecteurs et également par prélèvements surfaciques. Des perspectives d'actions concrètes pour fiabiliser les valeurs de référence des dépôts atmosphériques en fonction des différentes techniques de mesure, pour différents environnements en France, sont présentées à l'issue de cette analyse.

2 Définition des dépôts atmosphériques

Les dépôts atmosphériques sont le résultat du transfert des polluants atmosphériques gazeux et particulaires vers les écosystèmes terrestres et aquatiques. Il s'agit du principal mécanisme d'élimination des polluants de l'atmosphère. Les dépôts des particules proviennent des dépôts humides correspondant aux particules déposées par la pluie ou brouillard, et des dépôts secs liés au processus de sédimentation, d'interception, d'impaction et de diffusion brownienne. Les taux de dépôt et leur répartition entre les voies sèches et humides sont régis par les conditions météorologiques (vitesse du vent, humidité relative, précipitation), les caractéristiques des particules (taille, composition chimique, vitesse de chute) et les caractéristiques de la surface (rugosité, température).

Les échantillonneurs utilisés pour collecter les dépôts atmosphériques sont différents selon le type de substance recherchée. En fin de période de collecte, le dépôt total sera quantifié sans distinction des dépôts secs et humides. Un collecteur, surmonté ou non d'un entonnoir, permet la détermination de ce type de dépôt, renseigné en flux surfacique (ng/m^2/jour). Ce type de prélèvement est encadré par la norme NF X43-014. Les dépôts humides, exprimés en concentration (µg/L), peuvent être prélevés grâce à des collecteurs munis de couvercle et d'une détection des précipitations.

[5] 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.

Les dépôts secs, plus complexe à quantifier, peuvent être obtenus en dehors de épisodes de pluie par mesure directe sur des plaques graissées, avec des échantillonneurs à surface aqueuse ou via des collecteurs munis de détecteur de pluie. Ils peuvent également être évalué indirectement par la différence entre les dépôts totaux et les dépôts humides ou encore par l'association d'un modèle de calcul de vélocité et de la mesure de concentrations d'aérosols atmosphériques ou encore. Ils sont exprimés en flux surfacique ou en vitesse de chute (cm/s). Les mousses et les lichens sont également utilisés comme "biomoniteurs" pour un dosage indirect des dépôts atmosphériques.

Les prélèvements de surface de type lingette ne sont pas utilisés pour évaluer les flux de dépôts atmosphériques mais plutôt pour évaluer, de manière qualitative, la quantité d'une famille de polluants présents sur une surface à un instant *t* en concentration surfacique (ng/m^2). Cette méthode est utilisée pour les problématiques d'air intérieur et son utilisation en extérieur est limitée aux situations post-accidentelles pour lesquelles l'utilisation des collecteurs n'a pas été possible. Le guide post-accident préconise alors l'utilisation de lingettes imbibées[6] pour le prélèvement de ces polluants déposés sous forme de suies visibles selon un protocole de prélèvement bien défini[7].

Or, l'interprétation des résultats obtenus par cette technique est confrontée aux manques d'informations concernant les niveaux de concentrations qui peuvent être attendus sur différents environnements (urbains, ruraux, industriels…), les différents types de surfaces prélevées ainsi que les dépôts dû à une pollution historique.

Le lien entre les données de dépôts obtenus par collecteurs et ceux prélevés par lingettes est loin d'être immédiat. En effet, l'influence de la pollution historique et des contaminations éventuelles du matériau constituant le support prélevé reste difficile à caractériser malgré un prélèvement systématique de blanc de surface. Par ailleurs, les précipitations peuvent lessiver les surfaces prélevées par lingettes (diminution des niveaux de dépôts) tandis qu'elles sont collectées dans les jauges (augmentations des niveaux de dépôts). D'autres sources d'incertitudes proviennent de la variabilité du taux de récupération des substances prélevées par lingette[8] dû la nature des surfaces (principalement leur rugosité, imperméabilité et composition chimique) et des processus d'évaporation et d'accumulation des polluants collectés qui diffèrent significativement.

A noter que l'approche du prélèvement par lingette est utilisée dans le contexte de la sécurité autour des installations nucléaires, en cas d'incendie notamment. Dans ce cas, un plan d'échantillonnage est préétabli autour du site et des emplacements sont pré-identifiés pour être échantillonnés en cas d'accident. Il peut s'agir de surface sur des infrastructures existantes mais également de supports de prélèvements (type plaque de verre) prévus à cet effet. Les dépôts radioactifs de ces surfaces font ensuite l'objet d'analyse régulière. La stratégie consiste alors à pouvoir comparer les analyses des prélèvements réalisées pendant et après l'incendie avec les mesures réalisées hors situation accidentelle.

[6] 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 : Ineris -206743 - v1.0, 25/05/2023.
[7] Protocole de prélèvement des suies visibles sur les surfaces suite à un incendie technologique, https://www.youtube.com/watch?v=BGOQ8i_HNk8
[8] 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 : Ineris -
206743 - v1.0, 25/05/2023.

3 Synthèse bibliographique des données disponibles concernant les dépôts atmosphériques

Cette partie un état des lieux des différentes sources de données de dépôts atmosphériques. Certaines données ont été listées dans le rapport, d'autres nécessiteront un travail supplémentaire de compilation et de bancarisation. La partie 3.1 présente les mesures des flux des dépôts atmosphériques par collecteur réalisées dans des contextes de surveillance environnementale ou d'étude scientifique. Les prélèvements surfaciques interviennent uniquement dans des problématiques post-accidentelles et feront l'objet de la partie 3.2.

3.1 Prélèvements par collecteur

3.1.1 Valeurs de gestion

Seuls les flux totaux de particules sans distinction de leurs compositions chimiques sont concernés par un seuil réglementaire en France. En effet, la valeur seuil imposée pour la surveillance des carrières[9] dont la production annuelle est supérieure à 150 000 tonnes (à l'exception de celles exploitées en eau) est de 500 mg/m²/j. La Suisse[10] et l'Allemagne[11] ont cependant fixé des valeurs limites admissibles pour l'environnement pour les dépôts de certains métaux, le benzo(a)pyrène et la somme des PCDD/F et PCB. Un résumé de ces valeurs est présenté au Tableau 1. A noter que certaines sont reprises par d'autres pays d'Europe[12].

Tableau 1 : Valeurs de gestion existantes pour le prélèvement en jauge[13]

Polluants	Poussières totales	As	Pb	Cd	Ni	Hg	Tl	Zn	B[a]P	PCDD/F + PCB-dl
Unité	mg/m²/j	µg/m²/j								pg WHO-TEQ /m²/j
Périodicité	Moyenne annuelle (*moyenne mensuelle)									
France	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allemagne	350	4	100	2	15	1	2	-	0,5	9
Autriche	210	-	100	2	-	-	-	-	-	-
Belgique	350 (650*)	-	250	2	-	-	-	-	-	8,2 (21*)
Croatie	350	4	100	2	15	1	2	-	-	-
Royaume-Uni	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Slovénie	200	-	100	2	-	-	-	400	-	-
Suisse	200	-	100	2	-	-	2	400	-	-

[9] Arrêté du 30 septembre 2016 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières

[10] CFHA 2023 – Les nouvelles lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air 2021 et leur importance pour l'ordonnance fédérale sur la protection de l'air, http://www.ekl.admin.ch/fr/documentation/publications/

[11] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), 2021, https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm

[12] G.Settimo, Atmospheric depositions of persistent pollutants: methodological aspects and values from case studies, Ann 1st Super Sanita 2015, Vol. 51, No. 4: 298-304

[13] Tableau mis à jour à partir de l'article Settimo and Viviano, Atmospheric depositions of persistent pollutants: methodological aspects and values from case studies, *Ann Ist Super Sanita* **51**, 298-304 (2015) - https://doi.org/10.4415/ann_15_04_09

3.1.2 Surveillance réglementaire de l'air ambiant

La mesure des dépôts atmosphériques est réalisée en France par l'observatoire MERA (Mesure et Evaluation en zone Rurale de la pollution Atmosphérique à longue distance) qui est un dispositif de surveillance de la pollution de fond faisant partie intégrante du dispositif national de surveillance de la pollution atmosphérique. Depuis 2014, il se compose de 12 stations de mesure réparties sur l'ensemble du territoire français métropolitain et gérées localement par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces stations sont destinées à la surveillance et à la caractérisation de pollution atmosphérique de fond rencontrée dans des zones rurales. Les données sont rendues disponibles dans les bases de données de qualité de l'air nationale (GEOD'AIR) et européenne (EMEP EBAS).

Dans le cadre des Directives 2004/107/CE, 2008/50/CE et 2024/2881, une surveillance réglementaire des dépôt totaux est réalisée pour sept HAP[14] et quatre métaux (As, Cd, Ni, Pb), sur sept sites du dispositifs MERA répartis sur l'ensemble du territoire (voir les emplacements sur la *Figure* 1). Les prélèvements sont réalisés par collecteur selon la norme NF X43-014 et avec une exposition de 28 jours. A noter que, pour les métaux, seule la fraction soluble est quantifiée. Les données sont bancarisées sous la forme de moyenne annuelle[15].

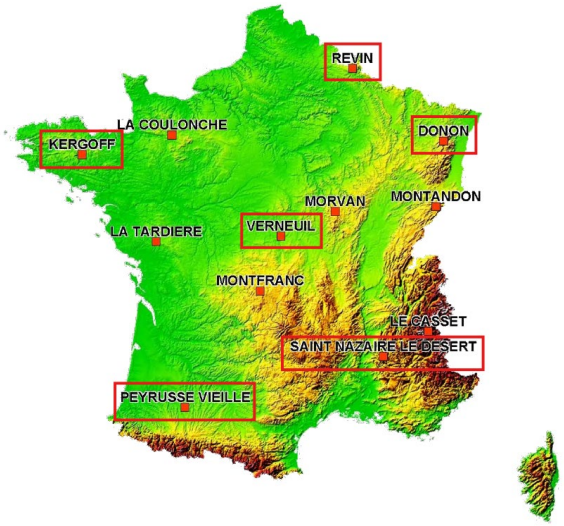


Figure 1 : Données mensuelles des dépôts de HAP prélevés par collecteur sur site de fond rural (MERA).

3.1.3 Surveillance réglementaire autour d'ICPE

L'analyse des dépôts atmosphériques de PCDD/F et ETM en France est menée principalement dans le cadre de la surveillance autour des ICPE et notamment des incinérateurs. En effet, l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 sur les installations d'incinération de déchets dangereux et non dangereux impose, de façon systématique et obligatoire, quel que soit le niveau des émissions, une surveillance des effets de l'installation sur son environnement. Cette surveillance doit obligatoirement comprendre les éléments traces métalliques (ETM) et les dioxines/furanes (PCDD/F). Dans ce cadre, des mesures des dépôt totaux sont réalisées par collecteur. Il est à noter que les dépôts de HAP ne sont généralement pas concernés.

[14] Benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, l'indéno(1,2,3-cd)pyrène et le dibenz(a,h)anthracène

[15] Aude Bourin, Marvin Dufresne, Isabelle Fronval, Benoît Herbin, Anthony Lagache, Thierry Léonardis, Durce Mombo, Thérèse Salameh, Emmanuel Tison. Programme MERA : Qualité de l'air dans les sites ruraux en lien avec les directives européennes et la convention de Genève - Rapport de synthèse d'activité 2024, Convention MTECT/IMT NE n°2 201 466 532, 2024.

En 2006 et 2007, le BRGM a rassemblé l'ensemble des données de surveillance environnementale de 128 incinérateurs[16,17] via les DREAL et les préfectures. L'analyse des données, publiée en 2009, indique qu'en 2007, 41% des UIOM effectuaient un suivi annuel des retombées atmosphériques par collecteurs d'ETM et 50% de PCDD/F. Les valeurs de référence des dépôts totaux des PCDD/F et des ETM, renseignées dans les fiches dédiées, annexes au guide de surveillance dans l'air autour des installation classées[4], proviennent de données obtenues par le BRGM[18] et l'Ineris[19] à l'issue d'une compilation d'un certain nombre d'études de surveillance réalisées entre 1991 et 2012 autour d'usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM). L'analyse statistique de ces données a permis de renseigner des valeurs de références pour différentes typologies d'environnements. En effet, les mesures de dépôts atmosphériques correspondant aux emplacements « témoins » des plans de surveillance de chaque étude sont représentatives de l'environnement local hors exposition de l'installation surveillée. Elles ont donc pu être utilisées pour évaluer des niveaux de fond.

Certaines AASQA publient des études régionales, notamment Atmo Auvergne Rhône Alpes qui synthétise l'ensemble des mesures de surveillance dans l'air ambiant et dans les retombées autour de 16 ICPE (ex. : incinération, chimie, traitement de eaux) sur la période 2017-2018 dans leur région[20] ou encore Atmo Normandie[21] dont le site de référence utilisé fait partie du réseau MERA. Beaucoup d'autres rapports sont disponibles sur les sites internet des AASQA. D'autres données de surveillance des retombées atmosphériques, notamment celles réalisées par des bureaux d'études, ne sont pas accessibles directement mais sont à disposition des DREAL.

A noter que l'arrêté[22] du 30 septembre 2016 relatif aux exploitations de carrières fixe les dispositions permettant de prévenir, limiter et contrôler les poussières totales émises par les exploitations de carrières de production annuelle autorisée supérieure à 150 000 tonnes (à l'exception des carrières en eau). Ces dispositions incluent l'obligation, depuis 2018, de déclarer sur l'application GEREP des mesures de dépôts effectuées par prélèvement en jauge de manière trimestrielle ou semestrielle. Comme dans le cas de la surveillance des incinérateurs, l'analyse des données[23] montrent un fonds national de dépôts de poussières (hors DROM et Corse) de 89 ± 7 mg/m²/j à fin 2024 hors effet de saisonnalité. A noter que l'amplitude de fluctuation saisonnière est de 17 ± 2 mg/m²/j avec un minimum de dépôts estimé au 8 décembre à une semaine près.

3.1.4 Littérature scientifique

Des mesures de dépôts atmosphériques de PCDD/F, HAP et ETM sont également disponibles dans la littérature scientifique. Elles permettent notamment d'obtenir des données en dehors du cadre de la surveillance autour des sites industriels. L'ensemble des études disponibles concernent des mesures obtenues par collecteurs, l'utilisation du prélèvement surfacique apparait uniquement dans quelques rares études pour des problématiques post-accidentelles

L'étude bibliographique préliminaire, présentée dans ce rapport, a permis d'établir une estimation globale du volume des données disponibles, ainsi que de leur localisation et de leur antériorité.

---

[16] BRGM/RP-57193-FR, Analyse et optimisation des procédures de mise en œuvre de la surveillance dans l'environnement des incinérateurs (arrêté du 20 septembre 2002) Etape 1. Mai 2009.
[17] BRGM/ RP-57970-FR, Analyse et optimisation des procédures de mise en œuvre de la surveillance dans l'environnement des incinérateurs (arrêté du 20 septembre 2002) Etape 2. Décembre 2009.
[18] BRGM F. Bodenan et al. « Environmental surveillance of incinerators: 2006-2009 Data Dioxin/Furan atmospheric exposition and associated thresholds » 31st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants DIOXIN 2011, Bruxelles : Belgium (2011)
[19] Niveaux des dépôts atmosphériques totaux métaux et PCDD/F mesurés autour d'ICPE en France (1991 – 2012) – Décembre 2012 – réf. INERIS-DRC-12-120273-13816A.
[20] Atmo Auvergne Rhône-Alpes, Programme de surveillance des Dioxines, Furanes, et métaux lourd, synthèse des mesures dans l'air ambiant et dans les retombées-2017 et 2018.
[21] Atmo Normandie, Observatoire Régional des retombées atmosphériques, métaux, dioxines/furanes, rapport n°1770-B, 2021
[22] Arrêté du 30 septembre 2016 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.
[23] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Surveillance environnementale des carrières de 2018 à 2024, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 230692 - 2847285 - v0.2

3.1.4.1 *Articles traitant des dépôts de HAP*

L'étude préliminaire a permis de répertorier 17 publications traitant des dépôts de HAP dont neuf sur le sol européen principalement entre 1991 et 2014 (une seule publication de 2019) et trois sur le sol national entre 1999 et 2003. D'autres études se rapportent plus spécifiquement à l'analyse des dépôts sec et humide ou traitent de campagnes réalisées à l'international et n'ont pas été citées ici. Le Tableau 2 présente la liste des publications qui ont été consultées pour ce rapport.

De manière générale, l'ensemble des études citées ici indiquent des variabilités régionales des mesures de HAP, avec des concentrations maximums proche des sources trafic et chauffage (combustion de charbon, pétrole, et de biomasse) correspondant à des zones urbaines et industrielles mais aussi parfois à des zones rurales fortement habitées. Les dépôts des HAP se font par voie humide ou sèche en fonction des conditions météorologiques avec une forte variabilité saisonnière.

Tableau 2 : Liste des publications traitant des dépôts de HAP

Zone	Localisation	Environnement	Dates	Réf.
Nationale	Ouessant	Côtier	1999-2000	[24]
	Eclaron	Rural		
	Paris-Jussieu	Urbain		
	Coulommiers	Semi-urbain		
	Abreschviller	Forestier		
	Le Havre	Urbain industriel	2002-2003	[25]
	Rouen	Urbain		
	Notre-Dame de Gravenchon	Urbain industriel		
	Evreux	Urbain-rural		
	Paris	Urbain	1999-2000	[26]
Européenne	Manchester (UK)	Urbain	1991-1992	[27]
	Cardiff (UK)	Urbain		
	Southern Germany	Rural	2001-2002	[28]
	Western Mediterranean	Marin	1991	[29]
	Western Greece	Urbain, Côtier et rural	2001	[30]
	Czech–Austrian border	Rural	2011-2014	[31]
	Croatie-Adriatic sea	Côtier	2019	[32]

[24] B. Garban et al., Atmospheric bulk deposition of PAHs onto France: trends from urban to remotes sites, Atmospheric Environment 36 (2002) 5395–5403
[25] A. Motelay-Massei et al., Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Seine estuary, France: mass balance and role of atmospheric deposition, Hydrobiologia (2007) 588:145–157
[26] D.Ollivon et al., Atmospheric deposition of PAHs to an urban site, Paris,France, Atmospheric Environment 36 (2002) 2891–2900
[27] C.J.Halsall et al., Atmospheric deposition of polychiorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDD/F) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two UK cities, Chemosphere, Vol. 35, No. 9, pp. 1919-1931, 1997
[28] T. Gocht, Long-term atmospheric bulk deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rural areas of Southern Germany, Atmospheric Environment 41 (2007) 1315–1327
[29] E. Lipiatou et al., Fluxes and transport of anthropogenic and natural polycyclic armotatic hydrocarbons in the western Mediterranean Sea, Marine Chemistry, 32 (1991) 51-71
[30] E.Terzi et al., Dry deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban and rural sites of Western Greece, Atmospheric Environment 39 (2005) 6261–6270
[31] B. Nežiková et al., Bulk atmospheric deposition of persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in Central Europe, Environmental Science and Pollution Research (2019) 26:23429–23441
[32] I. Jakovljevic et al., Pollution levels and deposition processes of airborne organic pollutants over the central Adriatic area: Temporal variabilities and source identification, Marine Pollution Bulletin 172 (2021) 112873

Hors Europe	**Beijing-Tianjin (North China)**	**Rural, urbain**	**2007-2008**	**[33]**
	Tianjin (North China)	Rural, urbain, Industriel	2002-2003	[34]
	Beijing-Tianjin (North China)	Rural	2005-2006	[35]
	Seoul (Korea)	Urbain	2000	[36]
	Inchon (Korea)	Industriel		
	Yangsuri (Korea)	Rural		
	Tampa Bay (USA)	Urbain	2002	[37]
	Izmit Bay (Turkey)	Urbain, Industriel	2002-2003	[38]
	Southern Ontario (Canada)	Forest	2001-2002	[39]
	New England	Côtier	1992-1993	[40]

3.1.4.2 Articles traitant des dépôts d'ETM

L'étude préliminaire a permis de répertorier 10 publications dont quatre sur le sol métropolitain entre 1990 et 2010. Le tableau 8 recense les publications scientifiques consultées. Il existe également un important travail de thèse[41] datant des années 2000 et reportant des mesures de dépôts provenant de six sites de la région parisienne présentés à la Figure 2. Ce dernier présente un an de données de 26 espèces métalliques. L'ensemble des données mensuels issu de ce travail de thèse est public.

D'autres études traitent plus spécifiquement de l'analyse des dépôts sec et humide. Ici, le travail bibliographique s'est focalisé sur les mesures de dépôt totaux. Comme pour les HAP, les publications scientifiques française sont en nombre limitées et ne couvrent pas l'ensemble du territoire. Il n'y a pas non plus de publications très récentes. Or le travail d'Azimi et collaborateurs a montré une diminution importante des dépôts entre 1994 et 2002. Il serait donc pertinent de mettre à jour ces valeurs de fond de dépôt.

Les études montrent que les dépôts de métaux sont plus influencés par la présence de sources d'émission que par les conditions météorologiques. Elles sont les plus importantes en zone industrielle et urbaine. A noter que l'impact de la remise en suspension de particules est particulièrement marqué à proximité d'axes routier en zone urbaine[42].

[33] W. Wang et al., Spatial distribution and seasonal variation of atmospheric bulk deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons in BeijingeTianjin region, North China, Environmental Pollution 159 (2011) 287e293
[34] S. Wu, Polycyclic aromatic hydrocarbons in dustfall in Tianjin, China. Science of the Total Environment, 345(1–3), (2005) 115–126.
[35] S. Zhang, Dry deposition of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the southeast suburb of Beijing, China, Atmospheric Research 89 (2008) 138–148
[36] S.Y. Bae et al., Temporal and spatial variations of the particle size distribution of PAHs and their dry deposition fluxes in Korea, Atmospheric Environment 36 (2002) 5491–5500
[37] N. Poor, Atmospheric concentrations and dry deposition rates of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for Tampa Bay, Florida, USA, Atmospheric Environment 38 (2004) 6005–6015
[38] B. Pekey, Atmospheric deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons to Izmit Bay, Turkey, Chemosphere 67 (2007) 537–547
[39] Y. Su, Deposition of Polybrominated Diphenyl Ethers, Polychlorinated Biphenyls, and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to a Boreal Deciduous Forest, Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 534-540
[40] D. Colomb, Atmospheric Deposition of toxics onto Massachusetts bay-II. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Atmospheric Environment Vol. 31, No. 9, 1361-1368, 1997
[41] S. Azimi. Sources, flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Ile-de-France. Ecologie, Environnement. Ecole des Ponts ParisTech, 2004. Français. tel-00007558
[42] F. Amato et al., Traffic induced particle resuspension in Paris: Emission factors and source contributions, Atmospheric Environment 129 (2016) 114-124

3.1.4.3 Articles traitant des dépôts de PCDD/F

Le tableau 10 présente une liste de 28 publications scientifiques, traitant des dépôts de PCDD/F mesurés par collecteurs. L'étude préliminaire s'est focalisée sur les mesures environnementales des dépôts de PCCD/F sans PCB par collecteurs en Europe et en France. Aucune étude française n'a été référencée. Les premières publications dans les années 1980-1990 sont allemandes ou anglaises[43] et la majorité des études aux US et en Europe datent d'avant 2010. Enfin, plusieurs études récentes, non référencées ici, proviennent du continent asiatique, notamment la Chine.

Si aucune publication scientifique n'est disponible sur le territoire français, certains travaux listés dans le tableau peuvent avoir un intérêt pour l'analyse des niveaux de pollution en France. En effet, un programme de mesure a été réalisé en Belgique[54], entre 1993 et 1999 sur l'ensemble du territoire, par le Flemish Environment Agency afin d'établir des niveaux de référence pour les différentes typologies d'environnements. À la suite de cette étude, des valeurs limites sont proposées par l'auteur entre 3 et 10 pg/m^2/jour pour les PCCD/F. Un rapport danois[53] de 2005 rapporte 3 ans de mesures des PCDD/F entre 2003 et 2005 sur 4 sites ruraux et urbain.

Les travaux[47] de Kirshner et collaborateurs, ont analysé les dioxines sur des sommets Alpins de 2005 à 2017 montrant des niveaux de contamination semblables à d'autre sites plus proches des sources. L'étude danoise[40] de Hovmand et collaborateurs, montre des niveaux de contamination du même ordre sur trois sites forestiers en Allemagne, au Danemark et en Suède. D'après l'étude, la faible variation sur les trois sites s'explique par le transport des PCDD/F sur de longue distance. Par ailleurs, l'étude[43] de Bruckmann et collaborateurs, reportant des mesures de des PCCD/F et PCB entre 1992 et 2011 sur 6 sites dans le Nord-Ouest de l'Allemagne, montre une baisse très importante des dépôts dans les années 1990 puis une stagnation après 2005, cohérente avec la réduction des émissions. La baisse relative est moins importante pour les sites éloignés des sources dont les dépôts sont gouvernés par les transports longues distances. Pour cette raison, les études menées au début des années 1990 ne semblent pas très pertinentes pour évaluer les niveaux de fond en 2022.

[43] Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data European Commission DG Environment, https://ec.europa.eu/environment/archives/dioxin/pdf/dioxin.pdf

Tableau 3 : Liste des publications traitant des dépôts d'ETM

Zone	Localisation	Environnement	Dates	Réf.
Nationale	Cap Ferrat	Urbain-rural	1997-1998	[44]
	Cap Ferrat	Urbain-rural	1992-1993	[45]
	Marais vernier	Rural	2010-2011	[46]
	Le Havre	Urbain industriel	2001-2002	[47]
	Rouen	Urbain		
	Notre-Dame de Gravenchon	Urbain industriel		
	Rouen	Urbain-rural		
	Evreux	Urbain		
	Paris	Urbain	1994-1995	[48]
	Paris	Urbain	2000-2001	
Européenne	Mer du nord	Urbain industriel	1992–1994	[49]
Hors Europe	Baie de Tokyo, Japon	Côtière	2004-2005	[50]
	Delta de la Rivière des Perles, Chine	Urban	2001-2002	[51]
	Baie du Massachusetts, USA	Péri-urbain	1992-1993	[52]
	Lac Supérieur, USA	Forest	1993-1994	[53]
	Lac Michigan, USA	Urbain industriel	1993-1994	
	Lac Erie, USA	Urbain	1993-1994	

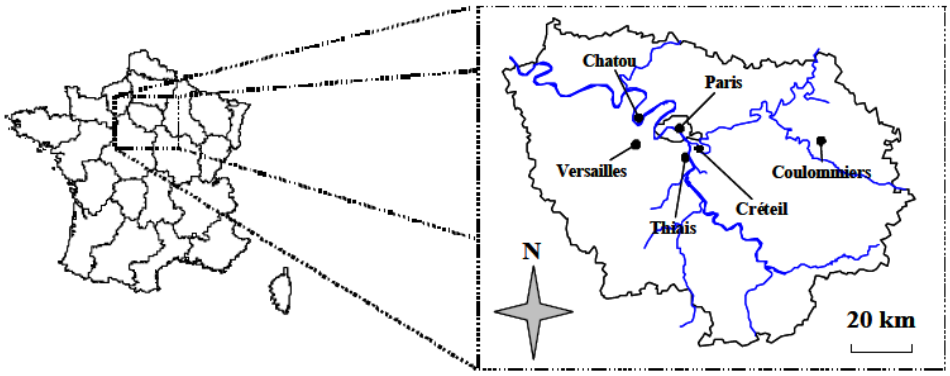


Figure 2 : Sites investigués dans le cadre de la thèse de Sam Azimi (tiré de [28])

[44] V.Sandroni, Atmospheric deposition of metallic pollutants over the Ligurian Sea: labile and residual inputs, Chemosphere 47 (2002) 753–764,
[45] C.Migon et al., Measurement of trace metal wet, dry and total atmospheric fluxes over the Ligurian sea, Atmospheric Environment, Vol. 31, No. 6, pp 889-896, 1997
[46] O. Connan et al., Wet and dry deposition of particles associated metals (Cd, Pb, Zn, Ni, Hg) in a rural wetland site, Marais Vernier, France, Atmospheric Environment 67 (2013) 394e403
[47] A. Motelay-Massei et al., Atmospheric bulk deposition of trace metals to the seine river basin, France: concentrations, sources and evolution from 1988 to 2001 in Paris, Water, Air, and Soil Pollution (2005) 164: 119–135
[48] S. Azimi et al., Decrease of atmospheric deposition of heavy metals in an urban area from 1994 to 2002 (Paris, France), Chemosphere 61 (2005) 645–651
[49] J.Injuck et al., Deposition of atmospheric trace elements into the north sea: coastal, ship, platform measurements and model predictions, Atmospheric Environment Vol. 32, No. 17, pp. 3011Ð3025, 1998
[50] M.Sakata et al., Wet and dry deposition fluxes of trace elements in Tokyo Bay, Atmospheric Environment 42 (2008) 5913– 5922
[51] C.S.C. Wong, Atmospheric deposition of heavy metals in the Pearl River Delta, China, Atmospheric Environment 37 (2003) 767–776
[52] D.Colomb et al., Atmospheric Deposition of toxics onto Massachusetts bay-I. Metals, Atmospheric Environment Vol.31, N°9, pp 1349-1359, 1997.
[53] C.W.Sweet et al., Atmospheric deposition of trace metals at three sites near the great lakes, Water, Air, and Soil Pollution 103: 423–439, 1998

Tableau 4 : Liste des publications traitant des dépôts de PCDD/F

Zone	Localisation	Environnement	Dates	Réf.
Europe	Allemagne	Urbain industriel	1992-2000	[54]
	Allemagne	Urbain industriel	2002-2011	
	Allemagne	Rural	2002-2011	
	Allemagne	Rural	1991-2001	[55]
		Péri-urbain	1991-2001	
		Urbain	1991-2001	
	Belgique	Rural	1993-1999	[56]
	Belgique	Urbain		
	Belgique	Proche d'une usine de déchiquetage	2017-2019	[57]
	Belgique	Résidentiel et agriculture	2009-2010	[58]
	UK, Manchester	Urbain	1991	[14]
	UK, Cardiff	Urbain	1991	
	Autriche, Sonnblilck Obs.	Alpes (3160 m)	2005-2017	[59]
	Allemagne, Schneefernerhaus	Alpes (2650m)	2005-2017	
	Suisse, Weissfluhjoch	Alpes (2663m)	2005-2017	
	Italie	Péri-Urbain proche incinérateur	2001-2008	[60]
	République Tchèque	Forestier & agriculture (EMEP)	2011-2014	[61]
	Danemark, Ulborg	Forestier, rural	2002-2005	[62]
	Danemark, Frederiksborg	Forestier, rural	2002-2005	
	Danemark, Bornholm	Forestier, Côtier	2003-2005	
	Danemark, Copenhague	Urbain	2003-2005	
	Danemark	Fond Forestier	2007	[63]
	Finlande, Utö	Rural	1998-2000	[64]
	Finlande, Evo	Rural	2002-2008	
	Finlande, Pallas	Rural	2002-2004	
	Suède (Baltique)	Site de fond proche Baltic	2006-2009	[65]
Hors Europe	Japon	Urbain-rural	1996	[66]
	Corée	Semi rural	2011	[67]
	Corée	Urbain & péri-urbain	2005	[68]
	Corée	Péri-urbain	2005	

[54] P. Bruckmann et al., Trends of PCDD/F and PCB concentrations and depositions in ambient air in Northwestern Germany, Chemosphere 93 (2013) 1471–1478

[55] Fiedler, H.; Rappolder, M.; Knetsch, G.; Basler, A. The German dioxin database: PCDD/PCDF concentrations in the environment—Spatial and temporal trends. Organohalog. Compd. 2002, 57, 37–40.

56 L.V. Lieshout, et al., Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values, Atmospheric Environment 35 Supplement n°1 (2001) s83-s90.

57 P. Dufour et al., Atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-dioxins/furans PCDD/ Fs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers PBDEs) in the vicinity of shredding facilities in Wallonia (Belgium), Atmospheric Pollution Research 12 (2021) 60–66

58K. Croes et al., Analysis of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in atmospheric deposition samples from the Flemish measurement network: Correlation between the CALUXbioassay and GC–HRMS, Chemosphere 88 (2012) 881–887

59 M. Kirchner et al., Air concentrations and deposition of chlorinated dioxins and furans (PCDD/ F) at three high alpine monitoring stations: Trends and dependence on air masses Atmospheric Environment 223 (2020) 117199

[60] I.Vassura et al., PCDD/Fs atmospheric deposition fluxes and soil contamination close to a municipal solid waste incinerator, Chemosphere 83 (2011) 1366–1373

[61] C. Degrendele, Multiyear levels of PCDD/Fs, dl-PCBs and PAHs in background air in central Europe and implications for deposition, Chemosphere 240 (2020) 124852

[62] J. Vikelsøe, National Environmental Research Institute, The Danish Dioxin Monitoring Programme II, Dioxin in the Atmosphere of Denmark, NERI technical Report n°565, 2005

[63] M.F.Hovmand et al., Atmospheric bulk deposition of dioxin and furans to Danish background areas, Atmospheric Environment 41 (2007) 2400–2411

[64] M. Korhonen et al., Atmospheric Bulk Deposition of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, Dibenzofurans, and Polychlorinated Biphenyls in Finland, J. Mar. Sci. Eng. 2016, 4, 56

65 M. Bergknut et al., Atmospheric deposition, retention, and stream export of dioxins and PCBs in a pristine boreal catchment, Environmental Pollution 159 (2011) 1592e1598

66 I. Ogura et al., Atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in the Kanto Region, Japan, chemosphere, 44(2001) 1473 1487

67 M. Fang et al., Atmospheric bulk deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) in the vicinity of an iron and steel making plant, Chemosphere 84 (2011) 894–899

68 H. B. Moon et al., Atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in urban and suburban areas of KoreaChemosphere 58 (2005) 1525–1534

3.2 Prélèvements par lingettes

3.2.1 Valeurs de gestion

La seule valeur de gestion française reposant sur le prélèvement surfacique est celle décrite dans l'arrêté du 12 mai 2009 relatif au contrôle des travaux en présence de plomb[69], réalisés en application de l'article L. 1334-2 du code de la santé publique. L'arrêté prévoit un seuil de nettoyage minutieux préalable à de nouveaux prélèvements de 1 mg/m^2. Le prélèvement surfacique est donc utilisé couramment pour l'analyse du plomb dans le cadre de la norme NF X46-032 portant sur le contrôle après travaux de présence du plomb dans les poussières. Un protocole de prélèvement surfacique[70] est d'ailleurs décrit dans le guide MétroPol de l'INRS et a constitué une base de travail pour le protocole de prélèvements des ETM, HAP et PCDD/F validé par l'Ineris dans le cadre accidentel. En guise de comparaison, la valeur limite fixée par l'EPA est de 5 µg/ft² (54 µg/m²) de plomb pour les poussières prélevées sur le sol[71].

En outre, le guide[72] d'investigation environnementale en cas de saturnisme de l'enfant présente des recommandations de valeurs de référence de 70 µg/m² (valeur devant conduire à un dépistage car prédictives d'une plombémie de 50 µg/L pour 5% des enfants) et 25 µg/m^2 (valeur prédictive d'une plombémie supérieure à 24 µg/L pour 5% des enfants).

Certaines valeurs de référence sont issues d'études toxicologiques et concernent les valeurs seuil de toxicité et de réoccupation des locaux à la suite d'un incendie[73,74,75,76]. Le groupe de travail post WTC[75] a calculé un critère de réintégration des logements de 2 ngTEQ/m^2 en PCDD/F pour une exposition résidentielle. Ce critère a été réévalué ensuite à une valeur de 4 ngTEQ/m^2 pour un scénario considéré comme très protecteur.

Enfin, une fédération d'assureurs allemands, la VdS Schadenverhütung GmbH, a fixé des valeurs d'orientation (*orientierungswerte*) considérée comme des valeurs de fond typique d'usage utilisées dans le cadre d'objectif après rénovation (*sanierungsziel*) pour la réintégration des locaux à la suite d'un incendie[77]. Pour les HAP, les valeurs d'orientation sont fixées à 100 µg/m^2 et 10 µg/m^2 en somme des 16 HAP-EPA respectivement pour les locaux industriels et les lieux d'habitations ou les bureaux, les objectifs étant d'être inférieur à ces valeurs. Pour les PCDD/F, la valeur d'orientation est fixée à 10 ngTEQ/m^2 (en accord avec la recommandation administrative régionale du Land de Hesse datant de 1989) et les objectifs étant d'être inférieur à 50 ngTEQ/m^2 (voire 100 ngTEQ/m^2 dans le cas spécifique des locaux à usage occasionnel). A noter que pour les PCB, l'objectif est d'être significativement inférieur à 100 µg/m^2.

Un résumé des valeurs de gestions existantes est présenté dans le Tableau 5.

[69] Arrêté du 12 mai 2009 relatif au contrôle des travaux en présence de plomb, réalisés en application de l'article L. 1334-2 du code de la santé publique - Légifrance
[70] Principe général et mise en œuvre pratique du prélèvement surfacique, Version 1 – Novembre 2020 INRS
[71] Hazard Standards and Clearance Levels for Lead in Paint, Dust and Soil (TSCA Sections 402 and 403), octobre 2024.
[72] SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / Guide d'investigation environnementale des cas de saturnisme chez l'enfant mineur 2e version, 2020
[73] J. Greene, Surface Dust criteria for dioxin and dioxin-like compounds for re-entry to buildings, ORGANOHALOGEN COMPOUNDS - Volume 66 (2004)
[74] J.M. Michaud, PCB and Dioxin re-entry criteria for Building surfaces and air, Journal of exposure analysis and environmental epidemiology, 4 (2) 1994, pp.197-227
[75] WG. 2003. World Trade Center indoor environment assessment: Selecting contaminants of potential concern and setting health-based benchmarks. World Trade Center Indoor Air Task Force Working Group. http://www.epa.gov/wtc/copc_benchmark.pdf
[76] Acceptable levels of dioxin contamination in an office building fllowing a transformer Fire, NRC 1988, https://nap.nationalacademies.org/read/19115/chapter/1
[77] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (Ed.), 2007. Richtlinien zur Brandschadensanierung VDS 2357. VDS Schadenverhütung GmbH, Köln

Tableau 5 : Valeurs de gestion existantes pour le prélèvement surfacique

Polluants	France	Allemagne	Hors Europe	Unités
Pb	1000 (travaux) 25-70 (vigilance-alerte)	-	54	(µg/m²)
HAP	-	10-100 (habitation-industrie)	-	Somme 16 HAP-EPA (µg/m^2)
PCDD/F	-	10	2-4	(ngTEQ/m^2 OMS 2005)
PCB	-	100	-	Somme des 6 PCBi-ndl (µg/m²)

3.2.2 Littérature scientifique

Concernant les prélèvements surfaciques d'ETM par lingette sur des surfaces extérieures, une seule publication portant sur plusieurs ETM a été relevée dans cette étude. Celle-ci reporte l'analyse de lingettes prélevées sur des vitres présentant une couche de dépôt organique plus ou moins visible[73]. La publication met en relief que l'accumulation des métaux sur les vitres possédant une couche organique est beaucoup plus élevée que celle des vitres propres d'une part mais également que celles obtenues dans la littérature avec des techniques différentes. L'apparition de cette couche organique sur les surfaces vitrées seraient, selon l'auteur, propices à une surestimation de la mesure des dépôts sec. Plus spécifiquement pour le plomb, deux études proposent des données en France. La première est une campagne sur la période 2008-2009 menée sur les aires de jeux fréquentées par les enfants âgés de 6 mois à 6 ans à proximité de leur logement[78] fournissant une valeur moyenne de 44 µg/m² sur les sols en extérieur. La seconde repose sur des mesures commanditées par la DRAC et s'échelonnant de 2017 à 2018 dans le cadre de l'incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris[79] recommandant une valeur seuil de 5 mg/m², constitue une valeur qui ne peut être habituellement rencontrée, pour réaliser des prélèvements complémentaires afin de caractériser la zone d'impact des retombées issues de l'incendie.

Concernant les HAP et PCDD/F, deux études de 2005 rapportent des valeurs de dépôt de PCDD/F et de HAP prélevés sur les vitres des bâtiments de New-York suite à l'attaque du World Trade Center[80,81]. Celles-ci montrent une large variabilité des dépôts en fonction de la distance des sites de prélèvements avec le lieu de l'incendie, et des valeurs de fond sont indiquées autour de 0.01 ngTEQ/m^2 pour les PCDD/F et 7700 ng/m^2 pour la somme de 43 HAP. Dans une étude similaire menée au Canada en 2000 sur plusieurs sites, les auteurs indiquaient, pour la somme de 18 HAP, des valeurs de 210, 1800 et 6100 ng/m^2 respectivement pour les fond rural, péri-urbain et urbain[82]. L'ensemble de ces données de dépôts extérieurs ont été produites par une approche qui consiste à prélever les polluants sur la surface extérieure des vitres. Diamond et collaborateurs ont proposé cette approche en considérant qu'une couche organique se dépose sur les vitres par processus de déposition et de condensation. Cette couche de nature graisseuse favorise ensuite l'accumulation des dépôts secs[83].

Par ailleurs, Ruokojarvi et collaborateurs présentent l'analyse de lingettes prélevées sur des carreaux de carrelage exposés pendant une simulation d'incendie de maison[84] avec des concentrations entre 3,7 et 5,7 ng TEQ/m^2 pour les PCDD/F et entre 12 et 40 mg/m^2 pour la somme des 16 HAP-EPA. Hors cadre accidentel, une étude de 2015, menée en Allemagne rapporte des résultats de prélèvements surfaciques menés dans une usine de traitement de déchet[85]. Des prélèvements réalisés notamment sur la face extérieure des vitres indique des valeurs de 1,2 pgTEQ/m^2.

[78] J.-P. Lucas et al., Lead contamination in French children's homes and environment, Environmental Research 116 (2012) 58-65 https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.04.005
[79] Incendie de Notre-Dame de Paris : bilan à 6 mois, ARS (2019)
[80] S. Rayne, Polychlorinated Dioxins and Furans from the World Trade Center Attacks in Exterior Window Films from Lower Manhattan in New York City, Environ. Sci. Technol. 2005, 39, 1995-2003.
[81] C. M. Butt et al., Semivolatile Organic Compounds in Window Films from Lower Manhattan after the September 11th World Trade Center Attacks, Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 3514-3524
[82] S. E. Gingrich et al., Atmospherically Derived Organic Surface Films along an Urban-Rural Gradient, Environ. Sci. Technol. 2001, 35, 4031-4037
[83] M. Diamond et al., Evidence for Organic Film on an Impervious Urban Surface: Characterization and Potential Teratogenic Effects, Environ. Sci. Technol. 2000, 34, 2900-2908
[84] P.Ruokojärvi et al., Toxic chlorinated and polyaromatic hydrocarbons in simulated house fire, Chemosphere 41 (2000) 825-828
[85] M. Klees et al., Analysis of polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in particulate and oily films on impervious surfaces, Science of the Total Environment 538 (2015) 363–374

4 Etat des lieux des sources

La recherche bibliographique sommaire a permis d'avoir un aperçu global des données existantes et manquantes concernant les dépôts atmosphériques mesurés en France. Le bilan de cette recherche est indiqué dans le Tableau 6 pour les collecteurs, et le Tableau 7 pour les lingettes.

Tableau 6 : Synthèse des sources de données de dépôts sur le prélèvement par jauge

Polluant	Environnement	Sources	Limitations
ETM	Fond rural national	Observatoire MERA	4 ETM
	Fond urbain	Littérature scientifique, surveillance environnementale autour d'ICPE	Faible représentativité spatiale, nombre d'ETM considéré limité, données de surveillances analysées antérieures à 2012, travail de collecte et d'analyse nécessaire pour les données récentes
	Influence industrielle		
HAP	Fond rural national	Observatoire MERA	7 HAP
	Fond urbain	Littérature scientifique	Peu documenté, faible représentativité spatiale, expression en somme et variation du nombre de HAP considéré
	Influence industrielle		
PCDD/F	Fond rural national	-	Pas de publication scientifique en France
	Fond urbain	Littérature scientifique, surveillance environnementale autour d'ICPE	Pas de publication scientifique en France, expression en somme avec des facteurs d'équivalence toxique variables, données de surveillances analysées antérieures à 2012, travail de collecte et d'analyse nécessaire pour les données récentes
	Influence industrielle		

Tableau 7 : Synthèse des sources de données de dépôts sur le prélèvement par lingette

Polluant	Environnement	Sources	Limitations
ETM	Fonctionnement normal	Guide, littérature scientifique	Seuls les dépôts de plomb sont relativement bien documentés
	Cadre accidentel	Littérature scientifique	
HAP	Fonctionnement normal	-	Aucune étude identifiée
	Cadre accidentel	Littérature scientifique, études pour la réintégration de locaux après incendie	Très peu documenté, expression en somme et forte variation du nombre de HAP considéré, données anciennes
PCDD/F	Fonctionnement normal	Littérature scientifique	Une seule publication identifiée en Europe
	Cadre accidentel	Littérature scientifique, études pour la réintégration de locaux après incendie	Peu documenté, expression en somme expression en somme avec des facteurs d'équivalence toxique variables, données anciennes

A noter que la plupart des documents identifiés sont anciens (plus de 90% antérieurs à 2015). L'histogramme des dates est présenté à la Figure 3. Or, en considérant l'évolution des émissions nationales en France extraites du rapport Secten[86] du Citepa, les dates maximales d'antériorité serait celle présentées dans le Tableau 8. Par convention, les émissions sont considérées comme relativement stables lorsqu'elles tendent vers un plateau (pas de décroissance évidente constatée visuellement) et que la différence relative entre l'année *n* et l'année *n+1* est inférieure à 15%, et stable lorsqu'elle est inférieure à 5%. L'année 2020 a été retirée de l'analyse du fait de l'impact global de l'épidémie de Covid-19.

[86] Citepa, 2025. Rapport Secten – Emissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques 1990-2024.

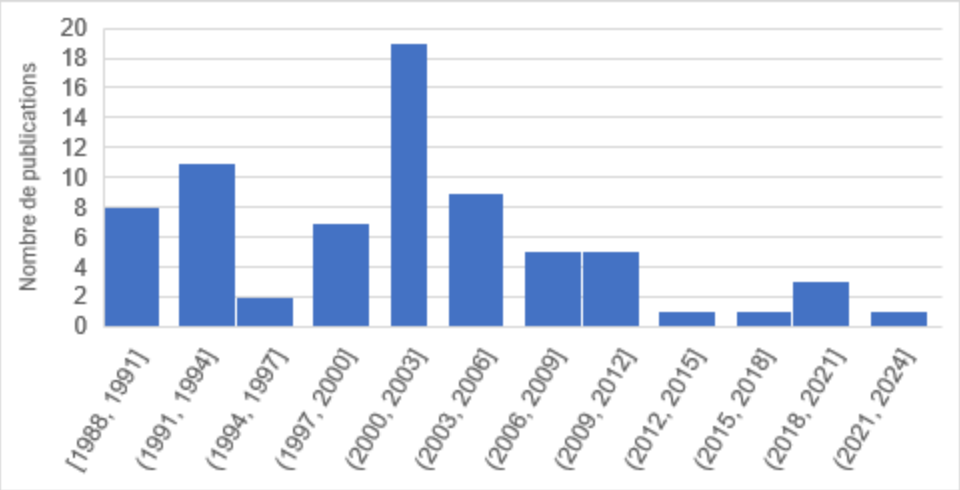


Figure 3 : Histogramme des dates des publications considérées dans cette étude

Tableau 8 : Dates à partir desquelles les émissions peuvent être considérée comme relativement stables voire stables

Polluant	Date de stabilité relative (écart < 15% d'une année à l'autre)	Date de stabilité (écart < 5% d'une année à l'autre)	Remarque
As	2014	2021	-
Cd	2018	-	-
Cr	2002	2021	-
Cu	≤ 1990	-	-
Ni	2018	-	Baisse constatée dans le secteur de l'industrie manufacturière et construction[86]
Pb	2009	-	-
Se	-	-	Décroissance constatée à partir de 2021
Zn	2003	2014	-
HAP	≈2002	-	Fin estimée d'une décroissance lente en 2002
PCDD/F	2006	2016	-
PCB	≈2014	-	Décroissance lente constatée

Ainsi, il serait pertinent de privilégier les données, a minima, ultérieures à 2018 pour les ETM (tout en ayant conscience que ce raisonnement reste limité et que les sources d'ETM peuvent varier significativement comme le prouve les exemples du cuivre et du sélénium), à 2002 pour les HAP, à 2006 pour les PCDD/F et à 2014 pour les PCB.

5 Conclusion et perspectives

Cette étude dresse un état des lieux des niveaux de dépôts atmosphériques pour trois familles de substances (ETM, HAP et PCDD/F) en distinguant le prélèvement par collecteurs (prélèvements par jauges décrit dans la norme française X43-014) et le prélèvement surfacique par lingettes, plus spécifiquement utilisé dans le cadre accidentel. L'étude couvre la surveillance réglementaire dans le cas des prélèvements par collecteurs (notamment les données acquises par l'observatoire MERA, la surveillance autour d'ICPE dont les incinérateurs et les carrières) et un large aperçu de la littérature scientifique internationale. Elle met en évidence l'absence de valeurs réglementaires spécifiques aux dépôts en France (hors seuil sur les poussières totales) et plus largement l'absence de valeur de comparaison suffisamment récentes pour être en adéquation avec le niveau actuel des émissions industrielles recensées dans l'inventaire national (cf. rapport Secten 2025 du Citepa).

Elle souligne également les différentes approches en termes d'analyse et de quantification de certaines familles de polluants (analyse des fractions solubles et insolubles pour les métaux, choix des HAP sommés, choix des facteurs en équivalent toxique pour les PCDD/F). Néanmoins, elle permet de constater que de nombreuses données existent sur cette thématique, en particulier via la surveillance autour d'ICPE, et pourraient être collectées, homogénéisées et valorisées. Il serait malgré tout nécessaire de réaliser des campagnes de prélèvement complémentaires afin d'acquérir des données sur une sélection plus large d'ETM et de HAP dans le cas du prélèvement par jauges (une sélection de substance est proposée en annexe 6.2), de mieux appréhender les limites du prélèvement par lingettes en les comparant à des prélèvements par jauges et de réaliser des prélèvements de niveaux de fond (urbain et rural) pour les lingettes.

En outre, l'étude bibliographique pourrait être plus systématique et approfondie et être avantageusement complétée par un état des lieux des données disponibles sur les dépôts de PCB (dioxin-like et indicateurs). Ainsi, plusieurs actions complémentaires ont été menées, en font l'objet d'autres rapports, afin de capitaliser et consolider des données de fond de dépôts atmosphériques par typologie d'environnements par jauges, et en acquérir dans le cas du prélèvement surfacique par lingettes.

5.1 Actions spécifiques aux prélèvements par jauges

Il est nécessaire de finaliser une recherche bibliographique plus approfondie pour valoriser les données existantes tant dans la littérature que dans les bases regroupant les données de surveillance industrielle et celles des niveaux de fonds nationaux.

Pour compléter la liste des ETM et HAP surveillés, il semble pertinent d'explorer la possibilité de réaliser de nouvelles campagnes en synergies avec les réseaux de sites de mesure existant (Observatoires MERA pour le rural et CARA pour l'urbain[87]). Cela permettrait de construire un plan d'échantillonnage représentatif des différences d'environnements, de topographies et de sources de pollution de particules à l'échelle du territoire. En outre, d'un point de vue logistique, cela simplifierait l'implantation et la sécurisation du matériel de prélèvement. Ces mesures pourraient être réalisées sur une échelle de temps couvrant 30% d'une année, comme indiqué par la directive (UE) 2024/2881 – annexe V. Les prélèvements par collecteur étant réalisés sur une durée d'un mois, il s'agira d'obtenir au minimum 4 mois de données réparties sur une année pour obtenir une valeur représentative d'une moyenne annuelle.

Ces actions, bien qu'adaptées pour des raisons logistiques, ont pu être réalisées en partie et ont donné lieu aux rapports Ineris - 221905 - 2834559 - v0.5 sur une recherche bibliographique plus approfondie et Ineris - 221905 - 2845433 - v0.5 établissant des gammes de niveaux de dépôts pour l'appui à la surveillance environnementale en métropole.

[87] https://www.lcsqa.org/fr/le-dispositif-cara

5.2 Actions spécifiques aux prélèvements par jauges prélèvements surfaciques par lingette

Le prélèvement de dépôts sur des surfaces extérieures reste extrêmement rare dans la littérature en dehors de quelques exemples d'analyse post-accidentelle présentant des méthodologies très disparates. Bien que les prélèvements surfaciques par lingettes présentent, a priori, de nombreuses limitations (notamment l'influence des conditions météorologiques, de la surface prélevée, de la pollution historique), il est intéressant de comparer ce prélèvement à celui réalisé par jauges. Cette démarche permet d'optimiser la stratégie de prélèvement dans la cadre accidentel en ciblant des supports plus pertinents, fournissant des résultats plus répétables.

En outre, acquérir un jeu de données de fond de dépôts surfaciques permettrait d'obtenir une estimation d'une gamme de niveaux attendus pour plusieurs types d'environnements (ruraux ou urbains) et plusieurs matériaux constituant la surface prélevée.

La planification d'une campagne de collecte de niveaux de dépôt par lingettes est également l'occasion de réaliser un état des lieux des surfaces/emplacements pertinents pour ce type de prélèvement, ce qui permettra d'améliorer la réactivité en situation d'urgence.

Cette action a été menée et donnera lieu au rapport Ineris - 221905 – 2838060, à paraitre.

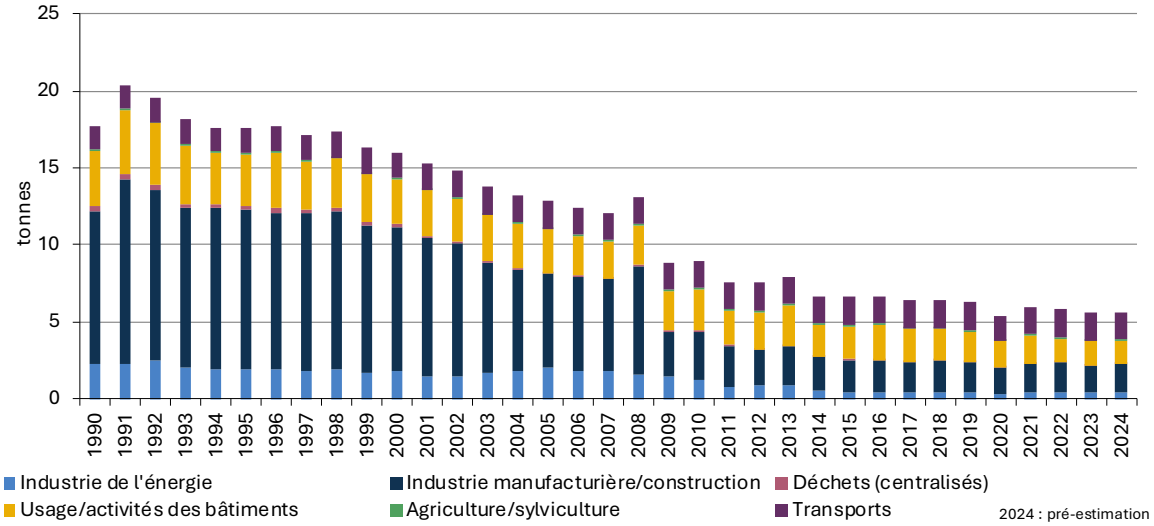
6 Annexes

6.1 Evolutions des émissions dans l'air depuis 1990

Dans cette étude, les émissions sont considérées comme relativement stables lorsqu'elles tendent vers un plateau (pas de décroissance évidente constatée visuellement) et que la différence relative entre l'année *n* et l'année *n+1* est inférieure à 15%, et stable lorsqu'elle est inférieure à 5%. L'année 2020 a été retirée de l'analyse du fait de l'impact global de l'épidémie de Covid-19.

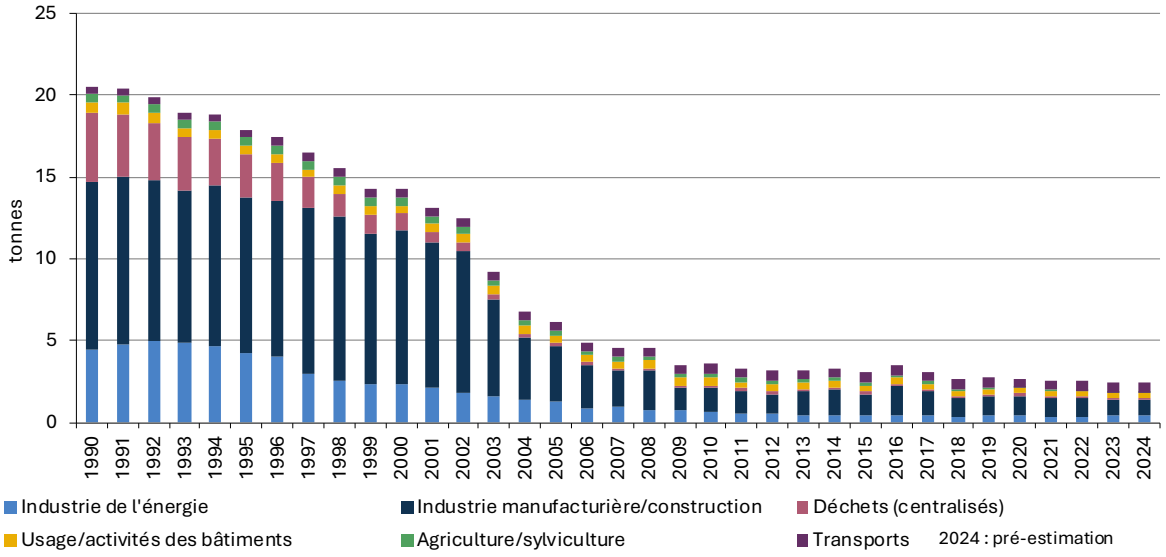
Les graphiques présentés ci-dessous sont tirés du rapport Secten[88] 2025 du Citepa.

Evolution des émissions dans l'air d'As depuis 1990 en France (Métropole)



Les émissions d'arsenic sont stables depuis 2014.

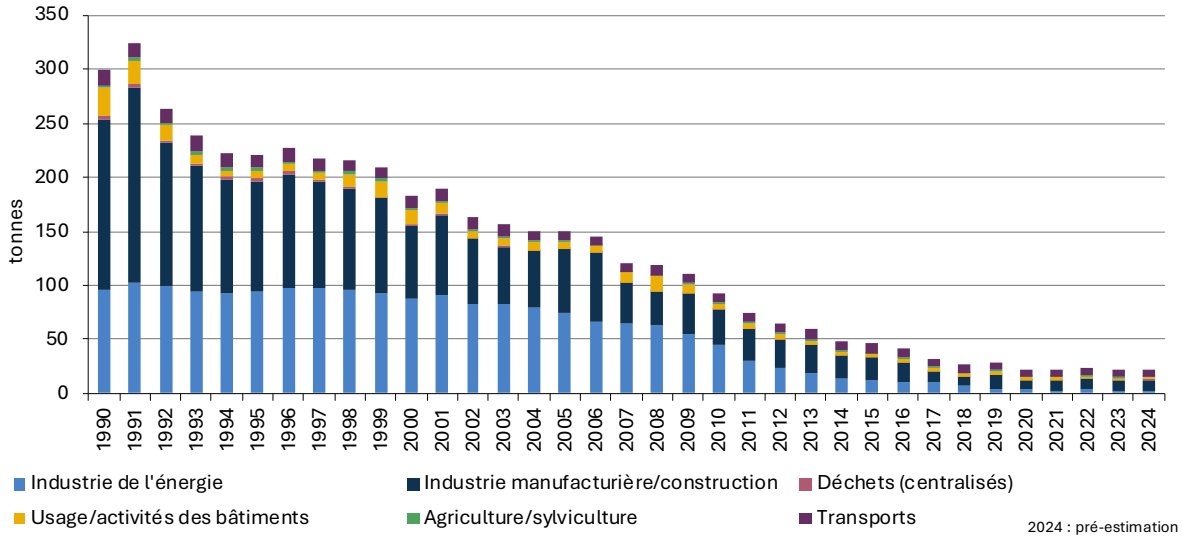
Evolution des émissions dans l'air de Cd depuis 1990 en France (Métropole)



[88] Citepa, 2025. Rapport Secten – Emissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques 1990-2024.

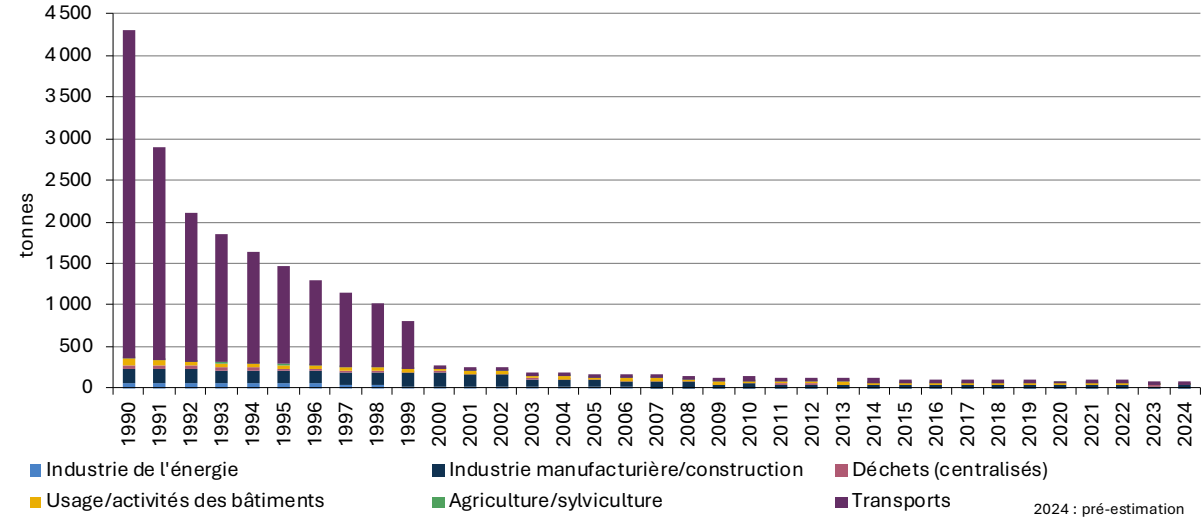
Les émissions de cadmium sont relativement stables depuis 2018.

Evolution des émissions dans l'air de Ni depuis 1990 en France (Métropole)



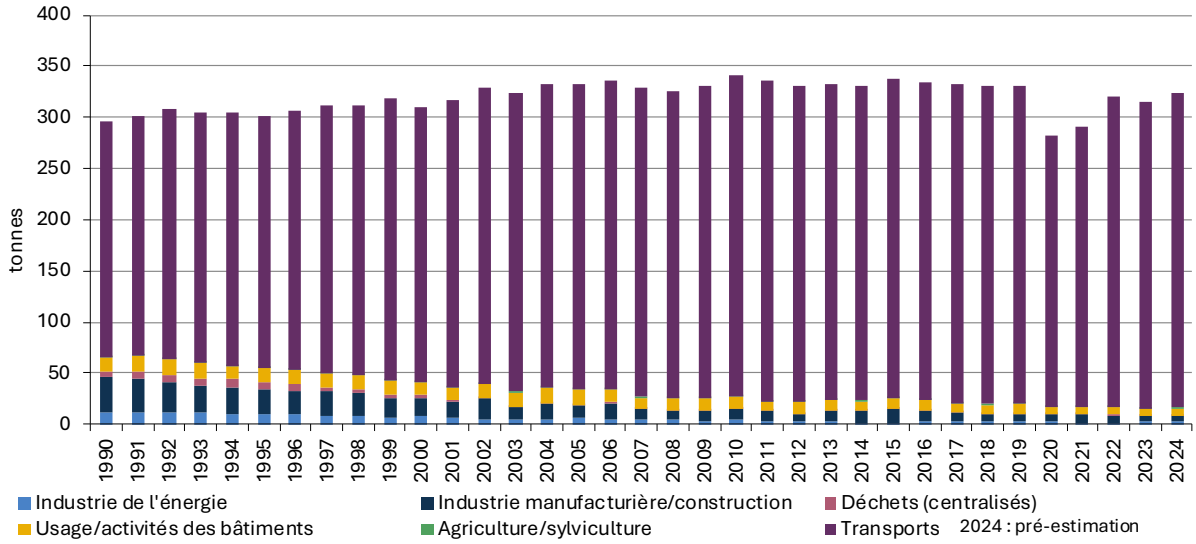
Les émissions de nickel sont relativement stables depuis 2018.

Evolution des émissions dans l'air de Pb depuis 1990 en France (Métropole)



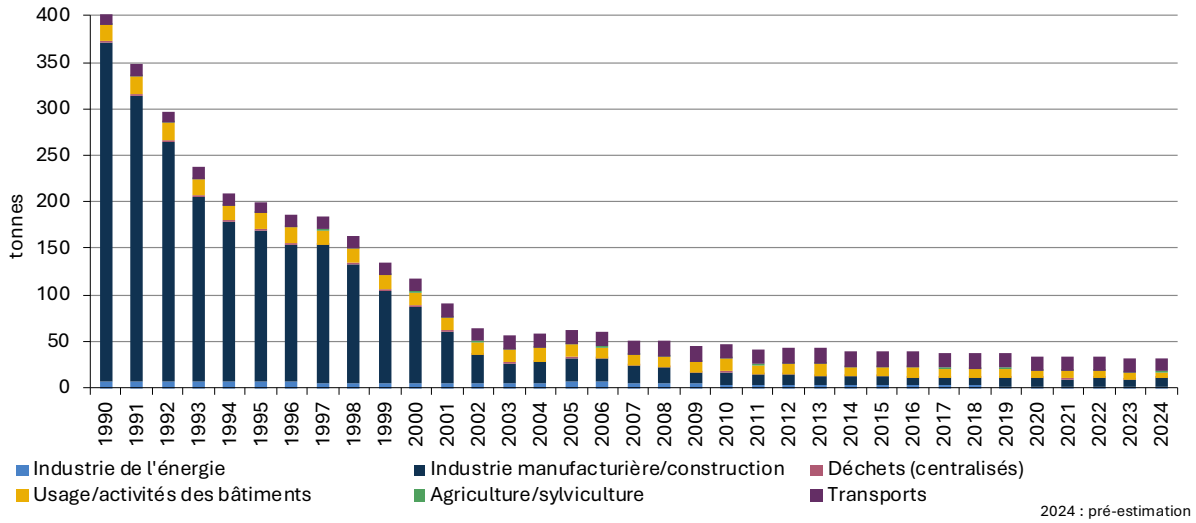
Les émissions de plomb sont relativement stables depuis 2009.

Evolution des émissions dans l'air de Cu depuis 1990 en France (Métropole)



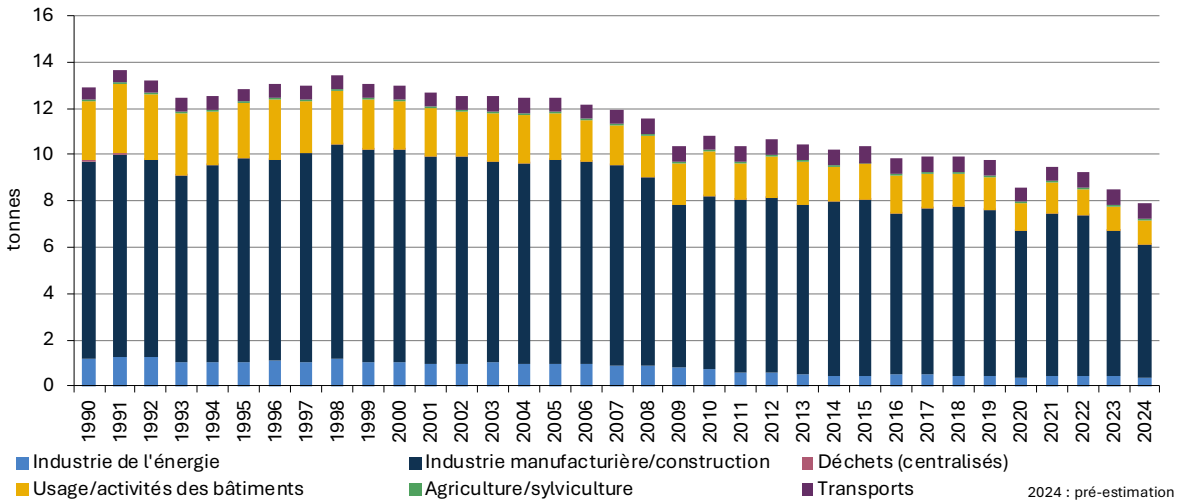
Les émissions de cuivre sont relativement stables sur l'ensemble des données à disposition.

Evolution des émissions dans l'air de Cr depuis 1990 en France (Métropole)



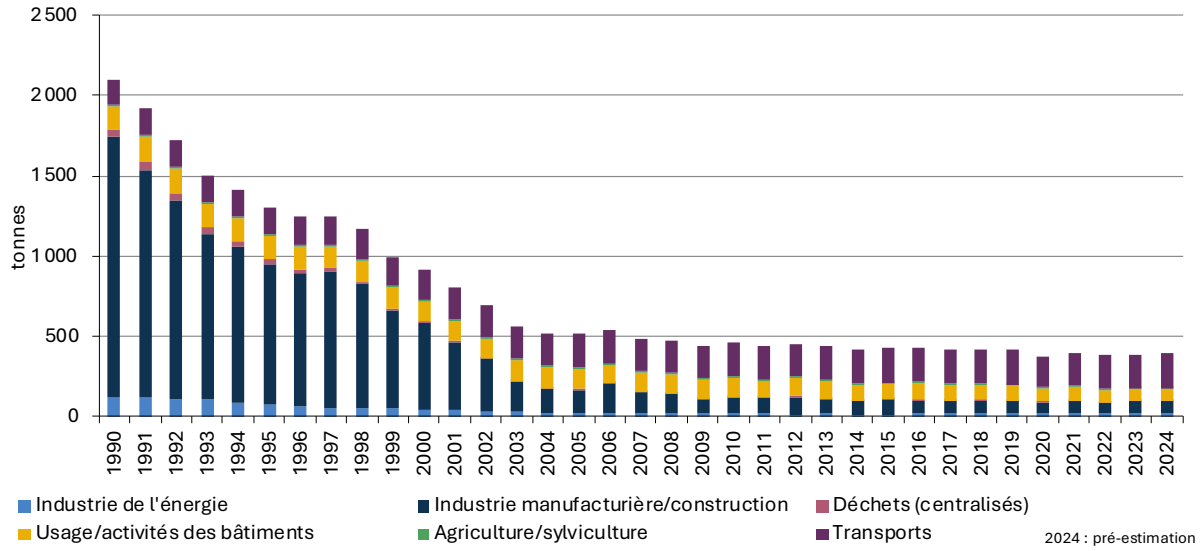
Les émissions de chrome sont relativement stables depuis 2002.

Evolution des émissions dans l'air de Se depuis 1990 en France (Métropole)



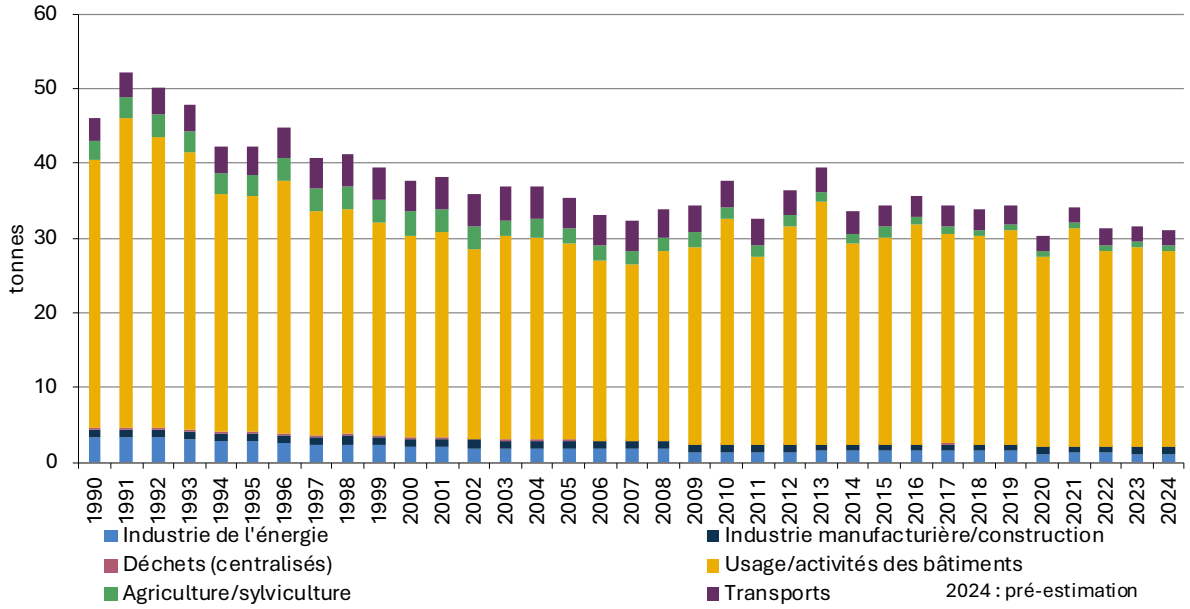
Les émissions de sélénium semblent décroitre depuis 2022.

Evolution des émissions dans l'air de Zn depuis 1990 en France (Métropole)



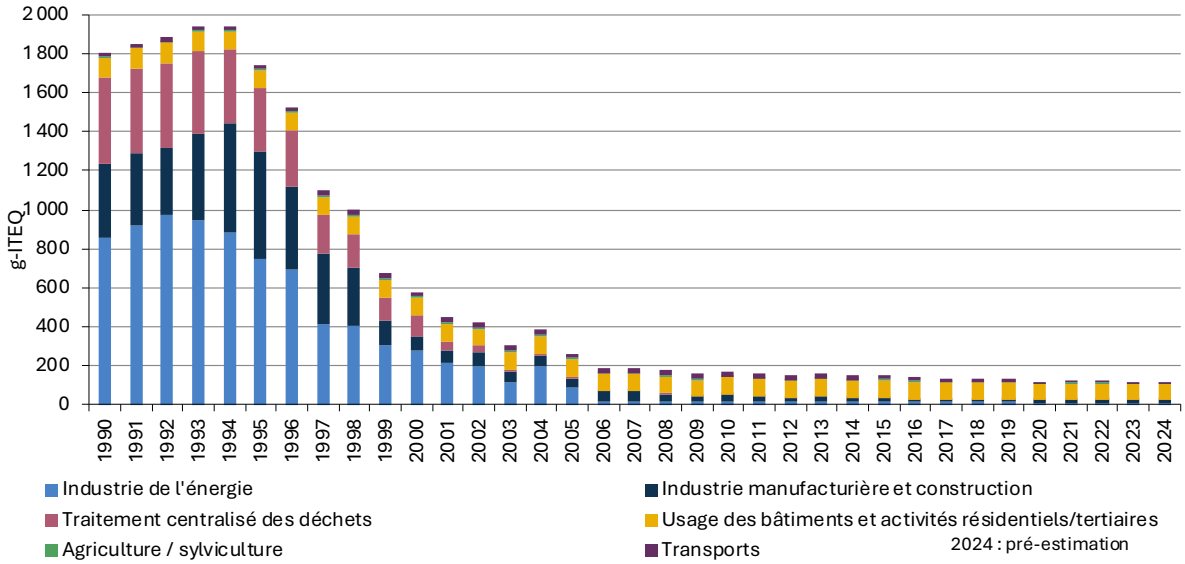
Les émissions de zinc sont relativement stables depuis 2003 et stables depuis 2014.

Evolution des émissions dans l'air de HAP depuis 1990 en France (Métropole)

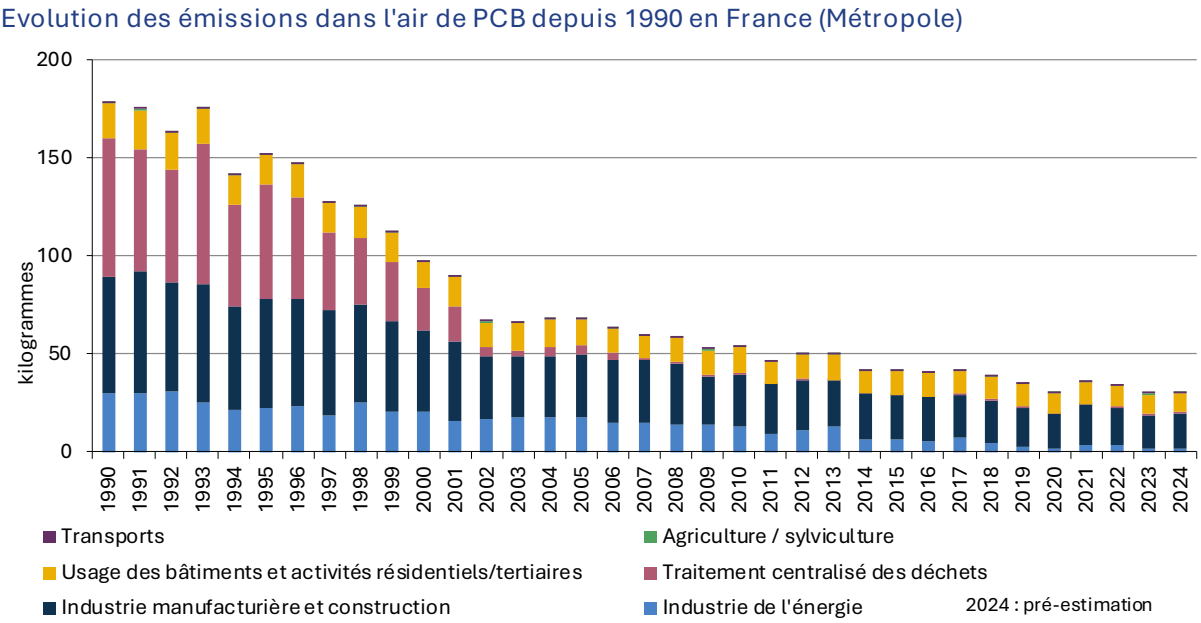


Les émissions de HAP semblent relativement stables depuis 2002 (fin estimée de décroissance lente).

Evolution des émissions dans l'air de PCDD-F depuis 1990 en France (Métropole)



Les émissions de PCDD/F sont relativement stables depuis 2006, stables depuis 2016.



Les émissions de PCB sont relativement stables depuis 2014 mais semblent néanmoins décroitre lentement.

6.2 Choix des polluants à considérer

Tableau 9 : Listes des métaux considérés selon les sources

Métaux	US EPA	Emissions ICPE (arrêté 1998)	Directive (EU) 2024/2881	Directive (EU) C/2025/1312	Littérature surveillance et accident ICPE	Cycle géobiochimique	Réf. anthropique
Ag	X						
As	X	X	X	X	X		
Ba					X		
Be	X						
Cd	X	X	X	X	X		
Co		X		X	X		
Cr	X	X		X	X		
Cu	X	X		X	X		
Hg	X	X	X	X	X	X	
Li					X		
Mn		X			X		
Ni	X	X	X	X	X		
Pb	X	X	X	X	X		
Sb	X	X		X			
Se	X	X				X	
Sn		X					
Te		X					
Ti					X		
Tl	X	X		X			
V		X		X	X		
Zn	X			X	X		
P					X	X	
S					X	X	
Si						X	X
Al							X
Fe						X	

Tableau 10 : Liste des HAP considérés selon les sources

Nom substance	Formule moléculaire	Masse molaire	N°CAS	Directive (EU) 2024/2881	Commission regulation (EU) 2025/660	Eau potable (arrêté 2022)	HAP dans l'alimentation (EFSA 2008)	Saisine Anses no 2006-SA-0361	Polluants prioritaires (US EPA)
Naphtalène	C10H8	128	91-20-3		X				X
Acénaphtylène	C12H8	152	208-96-8		X				X
Acénaphtène	C12H10	154	83-32-9		X				X
Fluorène	C13H10	166	86-73-7		X				X
Anthracène	C14H10	178	120-12-7		X			X	X
Phénanthrène	C14H10	178	85-01-8		X			X	X
Fluoranthène	C16H10	202	206-44-0		X			X	X
Pyrène	C16H10	202	129-00-0		X			X	X
Benzo(c)fluorène	C17H12	216	205-12-9					X	
Cyclopenta(c;d)pyrène	C18H10	226	27208-37-3				X	X	
Benzo(a)anthracène	C18H12	228	56-55-3	X	X		X	X	X
Chrysène	C18H12	228	218-01-9		X		X	X	X
5-Méthylchrysène	C19H14	242	3697-24-3				X	X	
Benzo(a)pyrène	C20H12	252	50-32-8	X	X	X	X	X	X
Benzo(e)pyrène	C20H12	252	192-97-2		X				
Benzo(b)fluoranthène	C20H12	252	205-99-2	X	X	X	X	X	X
Benzo(j)fluoranthène	C20H12	252	205-82-3	X	X	(X)	X	X	
Benzo(k)fluoranthène	C20H12	252	207-08-9	X	X	X	X	X	X
Benzo(g,h,i)perylène	C22H12	276	191-24-2	X	X	X	X	X	X
Indéno(1,2,3,c-d)pyrène	C22H12	276	193-39-5	X	X	X	X	X	X
Dibenzo(a,h)anthracène	C22H14	278	53-70-3	X	X		X	X	X
Dibenzo(a,e)pyrène	C24H14	302	192-65-4				X	X	
Dibenzo(a,h)pyrène	C24H14	302	189-64-0				X	X	
Dibenzo(a,i)pyrène	C24H14	302	189-55-9				X	X	
Dibenzo(a,l)pyrène	C24H14	302	191-30-0				X	X	

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